



IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

Современные технологии в деятельности особо охраняемых природных территорий: геоинформационные системы, дистанционное зондирование земли

(ГИС-Нарочь_2018)

сборник научных статей

Минск,
2018



Государственное
природоохранное учреждение
"Национальный парк
"Нарочанский" (Беларусь)



Белорусский государственный
университет



ESRI CIS (Россия)



Институт экспериментальной
ботаники им. В.Ф. Купревича
Национальной академии
наук Беларуси



УП "Геоинформационные
системы" НАН Беларуси



Сообщество
природоохранных
ГИС Беларуси



Министерство природных
ресурсов и охраны окружающей
среды Республики Беларусь

Современные технологии в деятельности особо охраняемых природных территорий: геоинформационные системы, дистанционное зондирование земли: сборник научных статей – Минск: 2018. – 128 с.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уже шестой раз в государственном природоохранном учреждении “Национальный парк “Нарочанский” (Республика Беларусь, курортный поселок Нарочь) с 14 по 18 мая 2018 г. на научно-практическом семинаре “Современные технологии в деятельности ООПТ: ГИС, ДЗЗ” (ГИС-Нарочь_2018) более 30 представители природоохранных и научных учреждений, ВУЗов, общественных организаций, масс-медиа и местных сообществ из Беларуси и России обменялись опытом использования геоинформационных технологий (ГИС) и данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) в решении научных, природоохранных и социальных задач, в подготовке материалов для управленческих решений на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и др.

Пятидневная программа семинара включала официальную часть с пленарным заседанием, конкурс-диспут научно-практических проектов участников Школы молодых ученых, презентацию опыта научного отдела Национального парка “Нарочанский” в использовании ГИС для решения задач плана управления национальным парком. Проведены 5 мастер-классов и 3 скайп-конференции с участниками (докладчиками), которые не смогли очно присутствовать на семинаре — они продемонстрировали новые возможности использования современного программного обеспечения и инструментария в природоохранном деле. Отметим, что с каждым годом представляемые доклады и презентации расширяют представления участников семинара о направлениях научного и практически-ориентированного применения ГИС И ДДЗЗ, уровень их, соответственно, все серьезнее.

Конечно же, активно делились своими наработками участники молодежной “площадки” семинара — Школы молодых ученых (ШМУ), для которых в этом году был выделен специальный день, в рамках которого все взрослые участники семинара в режиме конкурса-диспута смогли послушать, оценить, обсудить и обстоятельно прокомментировать проектные работы подрастающего поколения ГИСовцев. Победители конкурса участников ШМУ получили полезные памятные награды в виде лицензионного программного обеспечения ArcGIS, специальную литературу и именные сертификаты участников.

Всех присутствующих на семинаре удивило (большинство — приятно удивило), что участвующий в нынешнем году в конкурсе ШМУ ГИС-проект, подготовленный школьниками одной из столичных школ, впечатлил членов жюри и стал победителем. Этот проект не только занял призовое место, но и повлек за собой коллегиальное решение предпринять усилия по расширению в следующем году аудитории Школы молодых ученых, включив в среду будущих участников более юную категорию ГИСовцев.

Можно констатировать, что Нарочанская “ГИС-площадка” зарекомендовала себя как надежное место встречи и начинающих, и компетентных креативных специалистов, здесь появляются и свободно обсуждаются многие идеи и практические подходы использования ГИС технологий — на различных направлениях деятельности природоохранных учреждений, научных центров, ВУЗов, общественных организаций...



РАЗДЕЛ 1

ВЗРОСЛАЯ ПЛОЩАДКА



КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ (ЭТАП 3,5)

Сипач В.А.¹, Новиков² А.А., Люштык В.С.², Семенов О.А.¹, Куканова О.Н.³

¹Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие

«Геоинформационные системы», *slava-sipach@tut.by*

²Государственное природоохранное учреждение

«Национальный парк «Нарочанский», *наука@narochpark.by*

³ Частное проектно-производственное унитарное предприятие

«ГеоСистемсПро»

В следующем году завершается четырехлетняя разработка экспериментального образца комплексной автоматизированно-справочной системы (ЭО КАСС) – современной веб-географической информационной системы предназначенной для получения, регистрации, обработки, анализа и обеспечения заинтересованных различной информацией по основным направлениям функционирования особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в том числе оперирование данными дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ), векторными и растровыми картами, текстово-цифровыми и другими форматами представления информации о природных объектах и явлениях, ландшафтном и биологическом разнообразии.

Предпоследний (2018-й) год предназначен для тестирования элементов ЭО КАСС, разработанных на предыдущих этапах, написания инструкций по управлению и администрированию, а также созданию новых баз геоданных.

Основная разработка системы проводится пока на базе государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Нарочанский», а в следующем году планируется внедрение во все остальные ГПУ, управляющие ООПТ – национальные парки «Беловежская пушта», «Браславские озера», «Припятский» и Березинский биосферный заповедник.

Общая структура ЭО КАСС представляет собой систему с распределенным хранением и вычислением на узлах пользователей, центральный сервер системы будет выступать в качестве дополнительного хранилища базовых данных, а также для обеспечения проведения совместных работ на ООПТ с заинтересованными научными и другими организациями и, как публичный портал для предоставления открытой информации по территориям участников системы, – это показано на рисунке 1. Данная структура по мнению разработчиков позволяет значительно повысить отказоустойчивость как всей системы в целом, так и отдельных ее узлов.

В настоящее время в тестовом режиме полностью развернут центральный сервер ЭО КАСС, а локальный сервер ГПУ «НП «Нарочанский» полноценно функционирует уже более трех лет, обеспечивая выполнение

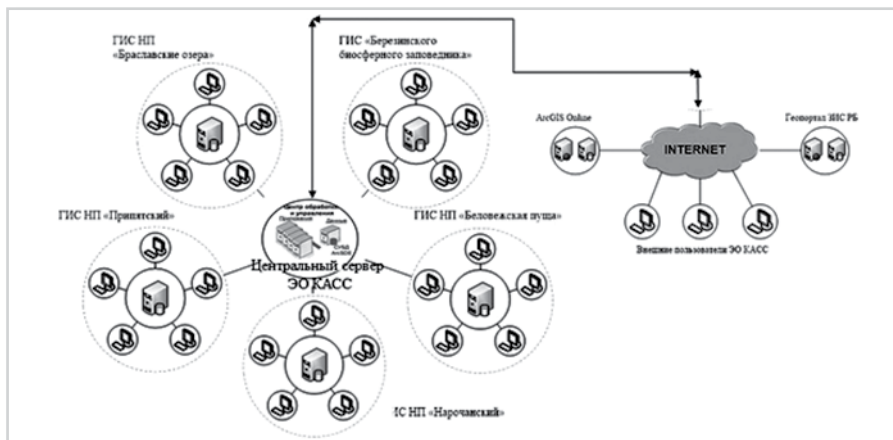


Рисунок 1

различных задач. Это позволило провести полноценную отработку функционирования работы как по отдельности локальной и центральной ГИС, так и связки локальной ГИС и центрального сервера ЭО КАСС.

В ходе реализации проекта в 2018 году подготовлено решение для базового развертывания ArcGIS Enterprise на локальных серверах у каждого из участников ЭО КАСС с использованием инструмента ArcGIS Enterprise Builder. Это позволит, например, на одном сервере развернуть все компоненты ArcGIS Enterprise в течение часа.

ArcGIS Enterprise включает в себя следующие компоненты (рисунок 2):

- ArcGIS Server, лицензированный как ArcGIS GIS Server Advanced и настроенный как хост-сервер для портала;

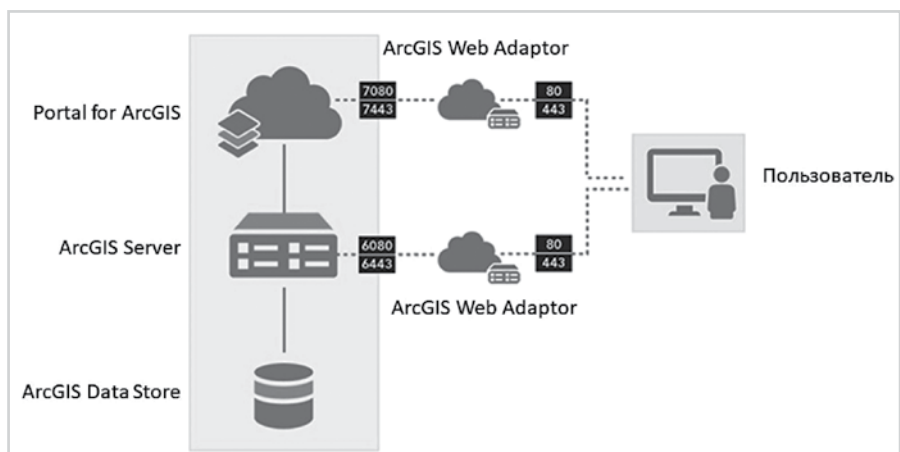


Рисунок 2

- Portal for ArcGIS;
- ArcGIS Data Store, настроенный как реляционное хранилище данных и хранилище данных кэша листов;
- две установки ArcGIS Web Adaptor: одна для трафика портала ArcGIS Enterprise, а другая – для трафика хост-сервера [2].

Совместно с ЧП «ГеоСистемсПро» в 2018 году были продолжены работы по развитию инструментария, предназначенного для решения транспортных задач на основе дорожного графа и включающего в себя дороги международного и республиканского значения на территорию Республики Беларусь, а также на территорию Национального парка «Нарочанский» – дороги более низкого класса (включая проезды для специальной техники) [3]. Соответственно была разработана и подготовлена навигационная база геоданных, представленная в виде файловой базы геоданных. Ее структура представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура навигационной базы геоданных

Объект		Наименование объекта в составе БД НСД	Тип объекта	Описание объекта	Координатная привязка
Набор данных для сетевого анализа		Network_dataset	Набор данных	Совокупность пространственно и тематически связанных классов объектов, формирующих сетевые данные в единой системе координат	WGS 84
	Граф дорожной сети	Graph	Линейный класс данных	Источник объектов для формирования ребер (сегментов) набора сетевых данных: осевые линии улиц и дорог с заданным направлением оцифровки	WGS 84
	Повороты	Turns	Линейный класс данных	Источник объектов для формирования поднаборов запрещенных переходов между элементами ребер	WGS 84
	Набор сетевых данных	Graph_ND	Набор сетевых данных	Совокупность сетевых элементов для моделирования перемещений и решения транспортной задачи	WGS 84
	Соединения набора сетевых данных	Graph_ND_Junctions	Точечный класс данных	Содержит системные соединения концов ребер набора сетевых данных (формируется автоматически)	WGS 84



Продолжение таблицы 1

Объект		Наименование объекта в составе БД НСД	Тип объекта	Описание объекта	Координатная привязка
	Точечные барьеры сети	Barriers_pts	Точечный класс данных	Содержит компактные объекты, ограничивающие перемещение по сегментам сети или изменяющие его стоимость (запрещающие знаки, шлагбаумы, др.)	WGS 84
Набор данных для геокодирования		Geocode_dataset	Набор данных	Совокупность пространственно и тематически связанных классов объектов, формирующих адресные данные для геокодирования	
	Точечные адреса и точки интереса	Addresses	Точечный класс данных	Содержит точечные адреса	WGS 84

Для облегчения поиска объектов инфраструктуры при прокладке маршрутов используется геокодирование, которое представляет собой процесс преобразования описания местоположения (например, координаты, адрес или название места) в местоположение на поверхности Земли. Результатом геокодирования являются географические объекты с атрибутами, которые можно использовать для пространственного анализа.

Операция геокодирования в среде ArcGIS осуществляется с помощью предварительно созданных и настроенных локаторов. Локатор адресов – это набор данных в базе геоданных, который используется для управления адресной информацией о пространственных объектах, по которой выполняется геокодирование.

Локатор адресов – основной компонент в процессе геокодирования, он создается на основе определенного стиля локаторов. Созданный локатор адресов содержит свойства и параметры геокодирования, адресные атрибуты базовых данных и запросы для выполнения поиска. Локатор адресов также содержит набор правил разбора и сопоставления адресов, которые указывают подсистеме геокодирования, как следует проводить стандартизацию и сопоставление адресов [4]. Данные для геокодирования хранятся в навигационной базе геоданных в наборе данных Geocode_dataset.

Таким образом, в процессе разработки решения транспортных задач проработаны варианты и апробирована более удобная для использования технология создания веб-приложений (рисунок 3) с использованием сервиса геокодирования (рисунок 4) на основе созданной навигационной базы геоданных.

Ряд дистанционных методов получения информации является одним из перспективных современных направлений изучения природной среды,



Рисунок 3

важным источником объективной и оперативной информации в различных ситуациях, происходящих в географической оболочке Земли, эффективным инструментом для контроля за состоянием окружающей среды и решения задач рационального природопользования.

Высокая эффективность использования дистанционных методов исследования в научно-практических целях обуславливается рядом их достоинств и преимуществ. Так, важное достоинство таких методов заключается в том, что они позволяют перенести значительный объем трудоемких исследований в камеральные условия, увеличить скорость производства работ и вместе с тем повысить достоверность и полноту результатов изыскательских и исследовательских работ.

В последнее время в одних и тех же регионах аэрофотосъемка многократно проводится в течение долгих лет. Если сравнивать полученные снимки, можно определить характер и масштабы изменений некоторых компонентов природной среды. Аэрофотосъемка помогает зачастую определять степень воздействия человека на природу. Повторные снимки местности могут помочь выявить, например, участки нерационального природопользования, и на основе полученной информации возможно планирование природоохранных мероприятий.

Современная аэрофотосъемка является цифровой, когда получаемое изображение имеет набор каналов и привязано — это позволяет ее легко интегрировать в ГИС. Традиционная аэрофотосъемка (середина-конец 20

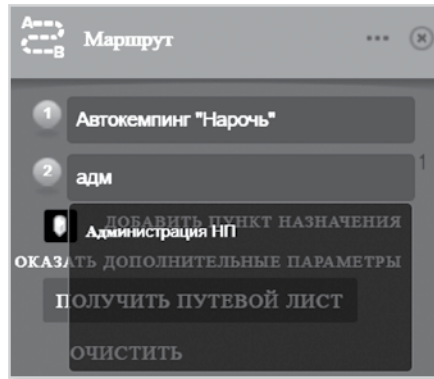


Рисунок 4

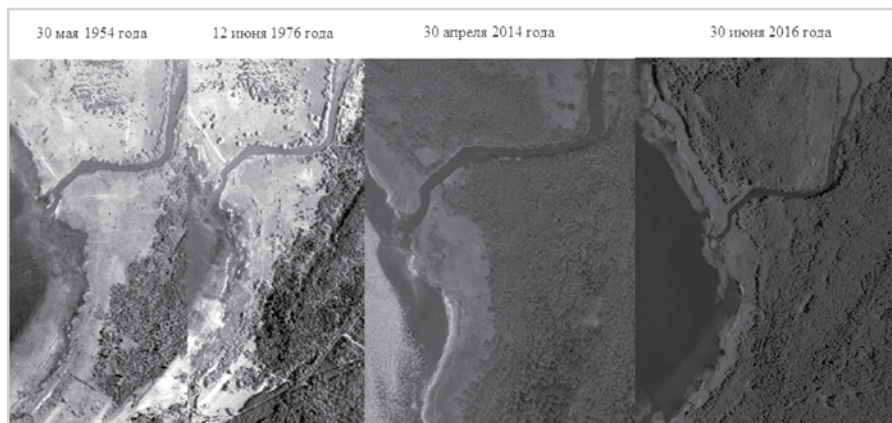


Рисунок 5

века) представляет собой напечатанный на фотобумаге кадр проведенной съемки — данное изображение не привязано. Однако такие изображения позволяют получить значительную ретроспекцию изменений на определенном участке, в частности, ООПТ.

УП «Геоинформационные системы» совместно с филиалом «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» провело работы по подборке таких материалов аэрофотосъемочных работ на территории белорусских национальных парков и Березинского биосферного заповедника (рисунок 5), которые охватывают всю их территорию в пределах современных административных границ, после чего материалы были отсканированы в формате TIFF. В ближайшем будущем предполагается сшивка материалов в единый композит и его привязка с последующей интеграцией в ЭО КАСС.

Литература

1. Сипач, В.А. Комплексная автоматизировано-справочная система для особо охраняемых природных территорий Беларуси (этапы 2 и 3) / В.А. Сипач, А.А. Новиков, В.С. Люштык, О.А. Семенов // Современные технологии в деятельности особо охраняемых природных территорий: геоинформационные системы, дистанционное зондирование земли: сборник научных статей — Минск: 2017. — С. 5—17.
2. Что такое ArcGIS Enterprise? / Сайт документации Esri [Электронный ресурс] — 2017. — Режим доступа: <http://server.arcgis.com/ru/portal/latest/administer/windows/what-is-arcgis-enterprise-.htm> — Дата доступа: 15.02.2018.
3. Настройка и апробация программно-технического комплекса ЭО КАСС, реализация в СУБД предоставленных заказчиком структур баз данных по видам растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь, по видам инвазивных растений, поведельной лесоустроительной базы данных: отчет о НТР (заключительный)/ ЧП «ГеоСистемПро»; отв. исполн. М.Ю.Тараканов. — Минск, 2016. — 14 с.
4. Что такое геокодирование? / Сайт документации Esri [Электронный ресурс] — 2018. — Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.5/manage-data/geocoding/what-is-geocoding.htm> — Дата доступа: 15.02.2018.

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ С РЫЖИМ СОСНОВЫМ ПИЛИЛЬЩИКОМ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «НАРОЧАНСКИЙ»

*Новиков А.А.¹, Сипач В.А.², Ежова О.С.¹, Послед А.А.¹,
Люштык В.С.¹, Семенов О.А.²*

¹Государственное природоохранное учреждение

«Национальный парк «Нарочанский», nauka@narochpark.by

²Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие

«Геоинформационные системы», slava-sipach@tut.by

Геоинформационные технологии быстрыми темпами все больше помогают качественно и профессионально решать задачи, стоящие перед сотрудниками Национального парка «Нарочанский». Они позволяют объединять в единое целое большие массивы разнородной информации, обеспечить ее анализ и представление всем заинтересованным специалистам.

Особенно помощь ГИС неоценима при решении задач, требующих оперативного реагирования и принятия управленческих решений, например, при чрезвычайных ситуациях природного характера.

Лесные экосистемы (45139 га) занимают около 48% территории национального парка. В формационном составе лесов абсолютно преобладает сосна, образующая преимущественно сосняки мшистых, черничных, долгомошных, брусничных, вересковых и даже лишайниковых типов леса.

В начале лета 2017 года на территории Национального парка «Нарочанский» впервые (на основании листов сигнализации о выявлении неблагополучного состояния лесного фонда) была зарегистрирована вспышка численности вредителя сосновых насаждений – рыжего соснового пилильщика (РСП). Погрызы хвои на соснах были зафиксированы на площади около 1500 га.

Рыжий сосновый пилильщик (*Neodiprion sertifer*) имеет статус поднадзорного фонового вредителя лесных экосистем в Беларуси. Этот вид отличается высокой экологической пластичностью, поэтому очаги его размножения возникают в искусственных и естественных сосновых насаждениях разных возрастов, полноты и типов леса (в борах-зеленомошниках и других типов, включая торфяно-болотные). Основной кормовой породой рыжего пилильщика на большей части его ареала является сосна обыкновенная [1]. В природе РСП выполняет функцию формирования мозаичности лесов.

Основными причинами, которые оказали влияние на массовое размножение РСП в национальном парке, предположительно можно считать погодно-климатические факторы: сухая теплая погода последние годы в мае и июне, и низкий уровень грунтовых вод. Как правило, природный очаг массового размножения РСП в активной фазе находится не более 3-4 лет [1, 2]. Однако следует отметить, что по сравнению с наблюдаемыми в современных условиях процессами, многие сроки сезонных активностей,



особенностей развития РСРП, сумма активных температур не совпадают с имеющимися литературными данными. Ситуация осложнена тем, что значительные исследования по биологии и мерам борьбы с данным вредителем относятся к 1960–1970 гг., поэтому в настоящее время затруднительно однозначно сказать, как будет развиваться лесопатологическая ситуация далее.

Нормативная защита лесонасаждений от вредителей в Республике Беларусь включает комплексные меры по организации и проведению лесопатологического надзора, учета и прогноза численности вредителей леса, профилактических мероприятий и, в ряде случаев, истребительных мер.

В связи с тем, что детальное обследование специалистами научного и лесного отдела ГПУ «НП «Нарочанский» при консультативной поддержке учреждения «Беллесозащита» сосновых лесонасаждений на предмет проверки нахождения и развития вредителей в очаге в период 2017–2018 гг. на большой площади (около 19 тыс. га) проводилось и затрагивало участки, находящиеся в ведении 6 лесничеств национального парка (Константиновское, Мядельское, Узлянское, Нарочанское, Сырмежское и Кривичское лесничества) — быстрое проведение оценки развития ситуации и своевременный анализ значительных массивов информации оказались затруднительны. Поэтому для подготовки своевременного принятия управленческих решений было принято решения максимально задействовать и использовать возможности ГИС Национального парка «Нарочанский» для объединения, актуализации, анализа и визуализации информации по лесопатологической ситуации с формированием интерактивных каналов передачи информации в специализированные госструктуры.

Современная ГИС парка представляет собой полнофункциональную картографическую и аналитическую платформу, построенную на базе программного обеспечения компании Esri ArcGIS Enterprise. Она объединяет в себе сервер веб-сервисов ГИС в сочетании с веб-ГИС инфраструктурой для обеспечения совместной работы по созданию географической информации, подготовке карт и проведению анализа.

Первоначально была разработана структура базы геоданных «Лесопатология», которая впоследствии реализована с использованием настольной ГИС ArcGIS Desktop. В ней также осуществлялись компоновка слоев, настройка уровня видимости и прозрачности, подготовка данных к публикации, как представлено на рисунке 1.

Затем подготовленные данные публиковались в виде веб-сервисов на ArcGIS Server (v.10.5), который использует в качестве управляемой базы данных СУБД PostgreSQL (v. 9.3.5). Для получения системы единого входа пользователей, общего доступа к элементам, публикации картографических сервисов и подготовки веб-приложения ArcGIS Server настроен в качестве хост-сервера Portal for ArcGIS (v 10.5).

На Portal for ArcGIS происходила подготовка веб-карты в которой осуществлялась настройка всплывающих окон, размера надписей и параметров общего доступа к данным карты.

Последним этапом подготовки веб-приложения был выбор уже существующего шаблона для создания веб-приложения (в нашем случае был использован «Основной вьюер»).

Созданное веб-приложение можно найти по ссылке: <http://gis.narochpark.by/arcgis/apps/View/index.html?appid=54fa16f9bd844501b43aac576d07f58e>, рисунок 2.

Подготовленное веб-приложение после опубликования стало доступно не только на настольных ГИС, но и в браузерах или мобильных устройствах (рисунок 3), что обеспечило возможность работы с ним одновременно большому кругу специалистов, как самого учреждения, так и организаций, отвечающих за ведение лесопатологического мониторинга.

Для удобства выполнения значительного объема работы в полевых условиях с использованием мобильных устройств применялось также про-

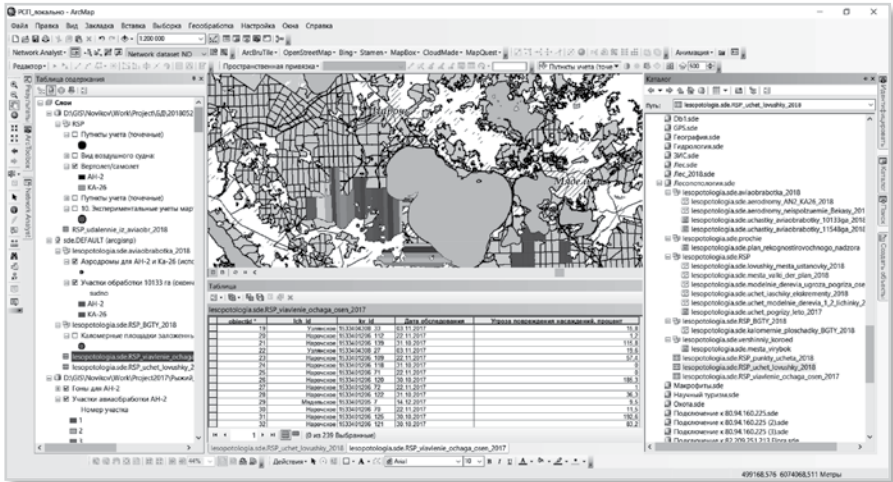


Рисунок 1

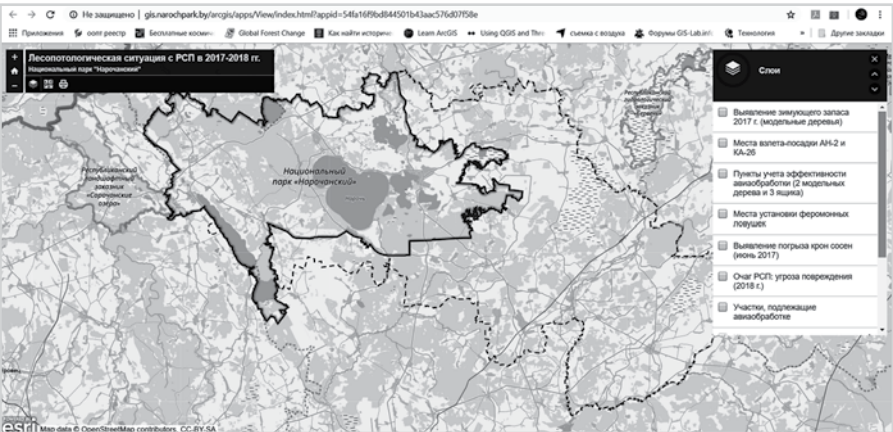


Рисунок 2

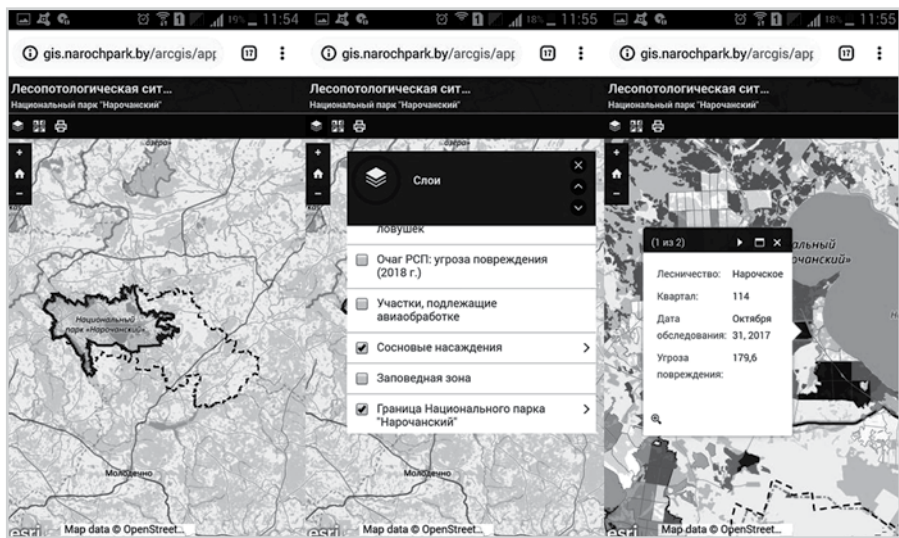


Рисунок 3

граммное обеспечение Collector for ArcGIS. Оно позволяет просматривать и вносить новую информацию непосредственно в программе в режиме offline (так как не на всей территории парка есть возможность работать в online-режиме с использованием сети Интернет) (рисунок 4).

В ходе проводимых мероприятий по защите лесонасаждений от вредителей возникла необходимость дополнять базу геоданных новой информацией о проводимых учетах и прогнозе численности вредителей леса. Так как весь массив данных формировался на единой платформе ArcGIS, то вновь получаемая информация оперативно добавлялась в существующую базу геоданных, что легко позволяло интегрироваться ее в систему и сразу же обновлять веб-приложение.

Разработанное веб-приложение по лесопатологической ситуации с режим сосновым пилильщиком в Национальном парке «Нарочанский» на сегодняшний день имеет в своем составе следующие слои:

- границы Национального парка «Нарочанский»;
- границы экспериментального лесохозяйственного хозяйства «Мядель»;
- границы заповедной зоны Национального парка «Нарочанский»;
- сосновые насаждения в границах Национального парка «Нарочанский»;
- кварталы лесничеств, в которых были впервые выявлены погрызы крон сосен РСП в июне 2017 года;
- места валки модельных деревьев в сосновых насаждениях для выявления зимующего запаса РСП в ноябре-декабре 2017 года;
- "смоделированный" очаг повреждений сосновых насаждений в 2018 году на основании результатов учета зимующего запаса РСП;
- участки, подлежащие авиаобработке, в соответствии с разработанными ГУ «Беллесозащита» «Мероприятия по авиационному применению

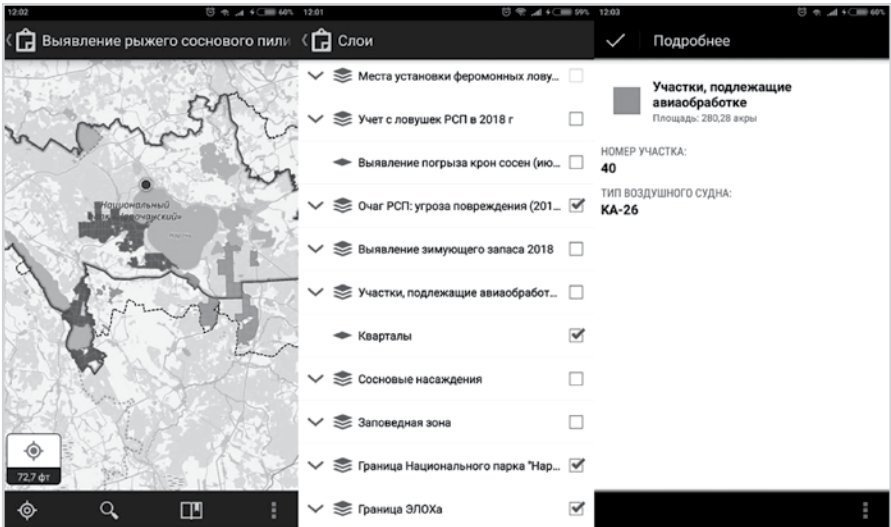


Рисунок 4

препаратов для защиты сосновых насаждений от рыжего соснового пилильщика в государственном природоохранном учреждении «Национальный парк «Нарочанский» в 2018 году»;

- соответствующие нормативам места взлета-посадки для самолета АН-2 и вертолета КА-26;
- учета эффективности проведенных в июне 2018 года мероприятий по авиаобработке очага РСР (методом модельных деревьев и каломерных ящиков);
- места установки в августе 2018 году феромонных ловушек;

Общая структура и состав базы геоданных «Лесопатология» представлен в таблице.

Таблица – Состав базы геоданных Лесопатология

Набор классов объектов	Название в БГД	Псевдоним	Описание	Примечания
aviaobrabotka_2018	aerodromy_AN2_KA26_2018	Аэродромы для АН-2 и Ка-26 (использовались)	Полевые аэродромы, с которых происходили взлет и посадка самолета АН-2 и КА-26	
	aerodromy_neispolzuemie_Bekasy_2018	Не используемые аэродромы под Бекасы	Аэродромы, которые были отобраны летчиками «Бекасов», но не использовались	



Продолжение таблицы 1

Набор классов объектов	Название в БГД	Псевдоним	Описание	Примечания
aviaobrabotka_2018	uchastky_aviaobrabotky_10133ga_2018	Участки обработки 10133 га (окончательные)	Окончательная площадь авиаобработки очага РСП (10133 га)	
	uchastky_aviaobrabotky_11548ga_2018	Участки авиаобработки под 11548га	Промежуточные участки под авиаобработку (11548 га)	
RSP	modelnie_derevia_ugroza_pogriza_osen_2017	Модельные деревья (угроза погрыза) осень 2017	Результаты обследования (яйцекладки) угрозы погрыза на модельных деревьях осенью 2017 года	
	uchet_iaschiky_ekskrementy_2018	Учет экскрементов в модельных ящиках (лето 2018)	Результаты учета экскрементов в модельных ящиках май – июнь 2018 года	
	uchet_modelnie_derevia_1_2_lichinky_2018	Первое и второе модельные деревья для учета личинок (май - июнь 2018)	места рубки первого и второго модельного дерева	
	uchet_pogrizy_let_2017	Первичный учет погрызов (лето 2017)	Первичный учет погрыза РСП летом 2017	
RSP_BGTY_2018	kalomernie_ploschadky_BGTY_2018	Каломерные площадки заложенные БГТУ 2018 г	Каломерные площадки заложенные БГТУ 2018 г.	
prochie	plan_rekognostirovochnogo_nadzora	План рекогносцировочного надзора	План рекогносцировочного надзора	

Литература

1. Харитонов Н.З.: "Лесная энтомология" // Учебное пособие – Минск, 1994 г.
2. Коломиец Н.Г., Воронцов А.К., Стадницкий Г.В.: РСП // Новосибирск 1972 г.

УДК 581.526.32;528.8 (476)

МОНИТОРИНГ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОЗЕР НП "НАРОЧАНСКИЙ" С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ (НА ПРИМЕРЕ МЯДЕЛЬСКОЙ ГРУППЫ ОЗЕР)

***Власов Б.П., Грищенко Н.Д., Суховило Н.Ю., Власова Д.Б.
Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,***

*e-mail: vlasov@bsu.by,
e-mail: nhrysh@gmail.com,
e-mail: nina_s3894@mail.ru,
e-mail: vlasovaDB@bsu.by*

Под влиянием антропогенного воздействия происходят глобальные и локальные изменения природной среды, которые требуют регулярных наблюдений с целью прогноза изменений. Оперативный мониторинг может осуществляться на основе материалов космической съемки Земли.

Перспективным направлением организации мониторинга является использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Плановое проведение космического геоэкологического мониторинга позволяет выявить трансформации природной среды, вызванные природными процессами и хозяйственной деятельностью. Данное направление космогеоэкологических исследований приобретает особую актуальность на территории ООПТ Беларуси.

На основе комплексной интерпретации оперативных и высокоточных материалов космического зондирования, получаемых панхроматической и мультиспектральной съемочными системами, возможно получение качественных и количественных показателей динамики компонентов окружающей природной среды, вызванной как естественными причинами, так и антропогенным воздействием. В первую очередь, изменения затрагивают рельеф, гидрографическую сеть, растительность, и проявляются в развитии эрозионных процессов, усыхании и заболачивании, загрязнении и эвтрофировании водоемов.

Целью работы являлся анализ динамики высшей водной растительности озер Мядельской группы с использованием данных дистанционного зондирования Земли для обоснования и реализации мер по снижению уровня деградации водоемов.

Комплекс исследований по дешифрированию снимков для оценки геоэкологического состояния озер и ВВР на примере Мядельской группы основывался на применении разновременных космических снимков, полученных многозональными сканирующими системами высокого и среднего разрешения Метеор-3М, Terra (Aster и и Modis), Landsat 7 ETM+, IRS-1C/1D.



Современная дистанционная аппаратура использует аэрокосмические методы и технологии дистанционного зондирования параметров водной среды. К таким параметрам относятся, прежде всего, вариации гидро-оптических характеристик среды произрастания (содержание основных компонентов минерального состава воды, мутности воды, прозрачности, цветности, органические и минеральные взвеси, концентрация фитопланктона на поверхности), тип, площадь и характер зарастания водоемов, зоны техногенного загрязнения акваторий. Эти гидроэкологические показатели служат приоритетными в системе современного дистанционного экологического мониторинга водоемов. Основу метода составляет определение флуктуации коэффициентов рассеяния и поглощения света. Наиболее эффективными из дистанционных средств являются современные много- и гиперспектральные спутниковые системы, обладающие высоким спектральным разрешением. Это позволяет регистрировать спектральные яркости восходящего излучения от исследуемой поверхности в достаточно узких диапазонах длин волн, необходимые для проведения исследований цветовых характеристик водной поверхности и связанных с ними величин прозрачности, цветности воды и наличия полей мутности, образованных содержанием взвешенных и растворенных органических и минеральных веществ.

В целом, технология цифровой обработки изображений при дешифрировании данных ДЗЗ включала следующие операции: импорт изображений из формата TIFF; объединение многоканальных данных в единый файл и выбор оптимального варианта синтеза; слияние изображений с различным разрешением; фрагментирование (вырезание части изображений); автономная классификация.

Для выявления основных дешифровочных признаков высшей водной растительности акватории озер и водной растительности был выполнен сравнительный анализ результатов полевого дешифрирования и космических снимков. КС получены со спутника WorldView-2 как демонстрационные. WorldView-2 является первым коммерческим аппаратом с восьмиканальным спектрометром, который включает традиционные спектральные каналы: красный, зелёный, синий и ближний инфракрасный-1 (NIR-1), а также четыре дополнительных канала: фиолетовый (coastal), жёлтый, «крайний красный» (red edge), ближний инфракрасный-2 (NIR-2). Спектральные каналы спутника WorldView-2 могут обеспечить более высокую точность при детальном анализе состояния водной растительности, береговой линии и водной растительности.

Для отработки методики картирования высшей водной растительности озер НП Нарочанский, выявления основных дешифровочных признаков высшей водной растительности акватории озер был выполнен анализ результатов полевого обследования и дешифрирования космических снимков.

Использование серии зональных снимков, полученных в различных спектральных диапазонах, позволяет сформировать спектральный образ объектов и благодаря этому может быть использована для выявления их сущности. Исследования показали, что по снимкам в красной зоне де-

шифрируются общие границы распространения надводной растительности. На снимках в ближней инфракрасной зоне, лучи которой практически не проникают в воду, наиболее четко разделяются подводные и надводные объекты, поэтому такие снимки целесообразно использовать для дешифрирования островов и береговой линии на момент съемки. Однако более эффективным оказалось использование цветных синтезированных изображений, на которых отображаются все спектральные различия объектов.

Объединение материалов ДЗЗ и данных полевых наблюдений за составом высшей водной растительности, характером ее распространения и условиями произрастания в озерах Мядельской группы, позволило построить картосхемы их зарастания на современном этапе. Они образуют аналитическую основу оценки и прогнозирования зарастания озер, состояния высших водных растений и среды их обитания под воздействием природных и антропогенных факторов.

Современное распространение макрофитов водоемов Мядельской группы определяется типом озера и его морфометрическими характеристиками и выглядит следующим образом. Для озера Волчин характерно отсутствие сплошной полосы надводных или полупогруженных растений. Лишь у восточного и северного берегов встречается тростник и хвощ, которые составляют эпизодически выраженную полосу шириной 0 – 7, в заливах – до 20 – 25 м. Распространяются надводные на глубину до 2 м. Основу зарастания составляют погруженные макрофиты: элодея, уруть, роголистник, телорез. Глубина их распространения за последние годы увеличилась

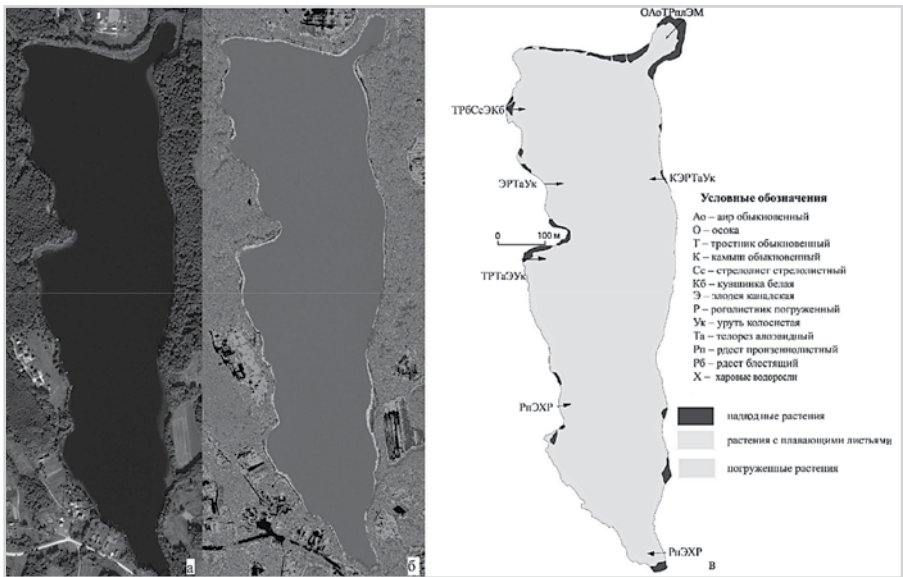


Рисунок 1 – Распространение высшей водной растительности в оз. Волчин:
 а – фрагмент мультиспектрального снимка; б – классифицированное изображение;
 в – картосхема зарастания

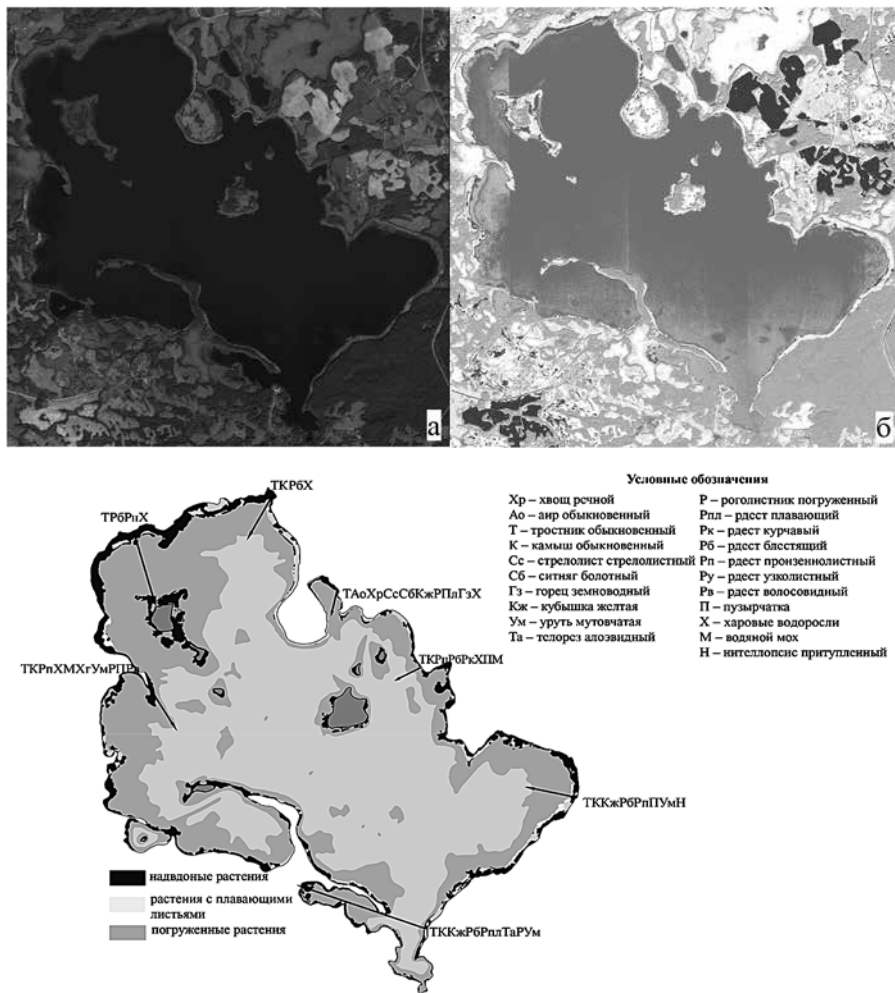


Рисунок 2 – Распространение высшей водной растительности в оз. Мядель:
 а – фрагмент мультиспектрального снимка; б – классифицированное изображение;
 в – картосхема зарастания

незначительно: с 4,0 до 4,5 м. В заливе отмечены растения с плавающими листьями: рдест плавающий и кувшинка. Общая ширина распространения растительности достигает 40 м. В целом, по характеру зарастания, озеро Волчин может быть отнесено к числу слабозарастающих.

В озере Россохи полоса надводных макрофитов выражена у восточного берега и достигает в ширину 50 м. На западе она практически полностью отсутствует. Растения с плавающими листьями распространены лишь у за-

падного берега, небольшая ассоциация кубышек сформировалась также в юго-западном заливе.

Озеро Рудаково, благодаря невысокой доле литорали и крутым склонам котловины, относится к слабозарастающим. Надводные макрофиты, представленные, в основном, тростником, занимают узкую полосу шириной 7–20 м, а предельная глубина их распространения составляет 1,5 м. Вдоль южного берега тростник появляется эпизодически. У северного и западного берегов среди тростника встречаются рдест плавающий, гречиха и камыш.

Погруженные макрофиты по занимаемой площади, являются доминирующими в озере. Они распространены до глубины 7,5 м. Наиболее типичными представителями являются хара, элодея, уруть. Водяные мхи проникают на глубину до 13 м. Общая площадь, занятая макрофитами, составляет 31,7% площади озера.

Характер строения котловины озера Мядель обусловил богатое разнообразие видов водных растений. Четко выделяется пояс надводных макрофитов, где доминирует тростник, в заливах встречается камыш. Сюда примешиваются хвощ, аир, осоки. Вторая зона макрофитов с плавающими листьями не образует сплошной полосы, наиболее полно она представлена в многочисленных заливах, где доминирует кубышка. Наиболее разнообразны в видовом составе подводные макрофиты, которые образуют второй ярус и проникают до глубины 6,5 м. Здесь произрастают харовые, рдесты, роголистник, элодея, телорез, ежеголовник. Ширина полосы высшей водной растительности значительно увеличилась и колеблется от 15 до 500 м и более (на западе), надводные макрофиты распространяются на расстояние до 50 м от берега, на северо-западном побережье — до 150 м.

Анализ полученных данных и данных предыдущих обследований, проведенных в 1980 г. позволил выявить определенную динамику развития аквафлоры исследуемых озер. Из-за снижения антропогенной нагрузки и увеличения прозрачности глубина распространения макрофитов выросла на 0,5–1,5 м, и, в зависимости от морфометрии и трофического статуса составляет 4–7,5 м. Площадь, занятая высшей водной растительностью, тесно связана с морфометрией котловин и трофическим статусом водоема и меняется от 15,6 % в оз. Волчин до 47,5 % в оз. Мядель.

Таким образом, использование данных ДЗЗ при картировании высшей водной растительности позволяет повысить его точность, оперативно выявлять существующие изменения площади и видового состава макрофитов, которые служат индикатором экологического состояния водоемов.



ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГПУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «НАРОЧАНСКИЙ»

Курлович Д.М., Гагина Н.В., Ковалевская О.М.

Белорусский государственный университет, г. Минск

Создание цифровой ландшафтной карты ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» было выполнено в среде географической информационной системы ArcGIS 10.

Картографирование проводилось с учетом ландшафтной карты масштаба 1 : 500 000 [1], которая выполняла в данном исследовании функцию обзорной для национального парка и прилегающих территорий.

Крупномасштабная ландшафтная карта (1 : 100 000) на территорию ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» составлялась впервые. Критерии выделения природных территориальных комплексов соответствуют системе основных и промежуточных единиц классификации ландшафтов, принятой в Беларуси. В качестве основной единицы картографирования был выбран ПТК в ранге вида ландшафта. При формировании легенды и на карте показаны такие классификационные единицы как группа родов, род и вид ландшафтов. Ввиду специфики объекта исследований — особо охраняемая природная территория — также были выделены некоторые ПТК в ранге урочищ.

Картографирование было выполнено с использованием топографической основы масштаба 1 : 100 000, материалов радарной топографической съемки SRTM, данных ДЗЗ. Привлекался ряд средне- и крупномасштабных тематических карт, включая карту четвертичных отложений масштаба 1 : 200 000, почвенную карту масштаба 1 : 50 000, карту растительности масштаба 1 : 60 000.

Все общегеографические и тематические пространственные данные были геопривязаны в среде ГИС. В дальнейшем была произведена оцифровка материалов, представленных в растровом виде, для дальнейшего их взаимного векторного ГИС-анализа.

Топографические карты и данные ДЗЗ не взаимозаменяемы и использовались совместно. Топографическая карта содержит наиболее объективную информацию о рельефе и гидрографии. Она является доступным источником сведений о количественных характеристиках — прямых (абсолютные отметки) и производных морфометрических (углах наклона, глубине и густоте расчленения). На основе данных топографии в ГИС была построена интерполяционная grid-модель рельефа и производная от нее карта уклонов.

Гипсометрическая grid-модель рельефа рассматривалась как наиболее оптимальная основа для систематизации рельефа. По данным ДЗЗ уточнялись конфигурация и положение форм микрорельефа (западин, ложбин), границы структурных элементов речных долин и прочие геоморфологи-

ческие элементы. В изображении хорошо различаются плоские и слабо-выпуклые вершины водоразделов, которые не всегда можно разделить по топографической карте. Для слабобрасчленных равнин с малыми уклонами данные ДЗЗ являются главным источником информации, так как топографическая основа и построенная по ней гипсометрическая grid-модель позволяют выполнить лишь схематичное деление территории на микроформы рельефа.

На первом этапе ландшафтного картографирования необходимо было выявить принципиальную структуру ландшафтного строения территории и определить дифференциацию на генетические (геоморфологические) поверхности. Средством такого выявления выступает морфодинамический анализ (операция пластики рельефа). В качестве исходных данных для выделения генетических (геоморфологических) поверхностей служили гипсометрическая grid-модель и карта крутизны склонов масштаба 1 : 100 000, материалы радарной топографической съемки SRTM, а также данные ДЗЗ. Материалы геологических фондов использованы для определения распространения, геоморфологической приуроченности и литологического строения четвертичных отложений различного генезиса и выявления литологического состава почвообразующих пород в пределах каждой генетической (геоморфологической) поверхности. Таким образом, на основании генезиса рельефа и времени его образования были выделены контуры родов ландшафтов (холмисто-моренно-озерные, холмисто-моренно-эрозионные, камово-моренные, моренно-озерные, водно-ледниковые, озерно-ледниковые, озерно-болотные, озерно-аллювиальные, речных долин). В рамках контура каждого рода ландшафтов по морфологии мезорельефа обособлены виды.

Следующие этапы картографирования были связаны определением особенностей распространения почвенно-растительного покрова в ландшафтных комплексах. Также по материалам крупномасштабных почвенных карт уточнялись границы распространения некоторых видов ландшафтов и их урочищ, в том числе речных пойм, ложбин стока, заболоченных западин, эоловых дюн. По карте растительности уточнялись границы некоторых видов озерно-болотного ландшафта.

Заключительный этап подготовки цифровой ландшафтной карты включал прорисовку векторных границ ПТК, создание атрибутов, оверлейные операции, картометрические расчеты, разработку окончательного варианта легенды, компоновку и дизайн карты (рисунок).

Проведение оверлейных ГИС-операции по пересечению контуров ПТК и почвенно-растительного покрова позволило в автоматическом режиме выявить доминантные, субдоминантные и редкие почвы и растительные сообщества в пределах каждого ПТК. Картометрические расчеты в ГИС использовались для расчета их площадей. В последующем, данная информация применялась для формирования индивидуального названия ПТК.

Разработанные методические подходы картографирования ландшафтных комплексов ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» с применением ГИС-технологий, позволяют решать ряд важных научных задач.

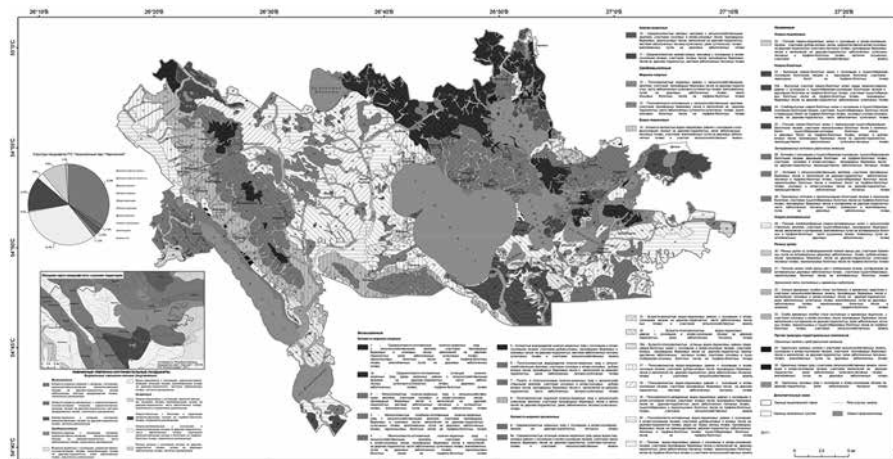


Рисунок – Ландшафтная карта ГПУ «Национальный парк «Нарочанский»

ГИС-технологии позволяют оперативно проводить систематизацию отраслевых тематических материалов, их взаимную увязку и актуализацию.

Полученные результаты крупномасштабного ландшафтного картографирования могут служить основой дальнейшего совершенствования методики выявления типичных, ценных и эталонных природных комплексов.

Опыт создания в среде ГИС ландшафтной карты ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» рекомендуется использовать при ГИС-картографировании различных категорий ООПТ Республики Беларусь.

Литература

1. Республика Беларусь. Ландшафтная карта. М-б 1 : 500 000. Минск: РУП «Белкартография», 2014.

ГИС-АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОЗЁРНО-БАССЕЙНОВЫХ СИСТЕМ НП «НАРОЧАНСКИЙ»

Токарчук О.В., Токарчук С.М.

*Учреждение образования «Брестский государственный университет имени
А.С. Пушкина», oleg.v.tokarchuk@tut.by*

Постановка вопроса. Очевидно, что в ходе решения задач рационального использования и охраны водных ресурсов важное место принадлежит инвентаризации водных объектов. При этом с позиций геосистемно-гидрологического подхода [1] «узловым» объектом с точки зрения учёта водных ресурсов выступают не сами водные объекты, а их бассейны. При этом совокупность устойчивых нережимных (среднепогодных и постоянных) инвентаризационных показателей, характеризующих индивидуальные особенности отдельных бассейнов или структур бассейнового строения, принято называть гидрографическим комплексом бассейна. В него входят четыре типа показателей: ландшафтные, климатологические, гидрологические и морфометрические. В качестве способов представления показателей гидрографического комплекса выделяются текстовый, цифровой (табличный и графический) и картографический. Ландшафтные показатели объединяют сведения об отдельных компонентах природной среды (подстилающих породах, почвах и растительности), о ландшафтной структуре территории и её связях со структурами гидрографической сети и бассейнового строения. Климатологические и гидрологические характеристики обобщают информацию о среднепогодных осадках, солнечной радиации, испарении, поверхностном стоке и являются исходным материалом для гидрологических расчётов и прогнозирования. Морфометрические характеристики в свою очередь объединяются общностью расчёта на основе имеющейся топографической информации.

Следует отметить, что морфометрические характеристики (показатели) речных бассейнов являются важным элементом гидрологических расчётов. При этом все морфометрические характеристики структур бассейнового строения условно делят на три класса, каждый из которых в свою очередь обычно делят на несколько групп [2]: (1.) класс простейших морфометрических характеристик (объединяет группы *элементарных характеристик, характеристик формы, высотных характеристик, физико-географических характеристик*); (2.) класс структурных характеристик (включает группы *удельных, составных и системно-структурных характеристик*); (3.) класс экспозиционно-симметричных характеристик (включает группы *ориентационных и симметричных характеристик*).

Далее перечислим основные морфометрические характеристики в разрезе перечисленных групп, их общепринятое буквенное обозначение и размерность (в случае её наличия).

К элементарным характеристикам относят длину главной реки l (км), суммарную длину речной сети $\sum l$ (км), площадь бассейна F (км²), длину



бассейна L (км), наибольшую ширину бассейна B (км), среднюю ширину бассейна $B_{cp} = F/L$ (км), коэффициент извилистости главной реки α_{zi} (отношение l_{zi} к отрезку прямой, соединяющей исток и устье).

К *характеристикам формы* относят длину водораздельной линии (периметр бассейна) P (км), коэффициент развития водораздельной линии $m = 0,282 P/\sqrt{F}$, коэффициент вытянутости $\beta = l_{zi}^2/B$, коэффициент формы $\beta' = B/l_{zi}$.

К *высотным характеристикам* относятся средняя высота водосбора H_{cp} (м), падение главной реки ΔH (м) как разница высшей и низшей высотных отметок, средний уклон водосбора I_{cp} , средневзвешенный уклон реки i_{cp} (%), глубина вреза $h = H_{cp} - H_p$ (м) (H_{cp} – средняя отметка русла), средняя длина склонов $l = F/2I_{cp}$ (км) (для двухскатных водосборов), средний уклон склонов $I_{ск} = h \sum l_{гор}^p / F$ (%) (где h – сечение рельефа, $\sum l_{гор}$ – сумма длин всех горизонталей в пределах бассейна).

К *физико-географическим характеристикам* относятся коэффициенты озёрности $\delta_{оз}$, заболоченности $\delta_{б}$, лесистости $\delta_{лес}$, лугов $\delta_{луг}$, осыпей $\delta_{ос}$, водоупоров $\delta_{вод}$ и др. (зачастую эти показатели выражаются в % от общей площади бассейна).

К *удельным характеристикам* относятся плотность речной сети $p = \sum S/F$ и её густота $\gamma_f = \sum l/F$ ($\sum S$ – общее количество водотоков в речной системе), гидроморфологический коэффициент $\gamma_Q = \sum l/Q$ (Q – средний многолетний расход воды).

К *составным характеристикам* относятся мощность речной системы S_n – количество подсистем водных объектов каждого порядка, соотношение количества подсистем смежных порядков – коэффициент бифуркации r_b , средняя длина водотока каждого порядка l_n , соотношение средних длин водотоков смежных порядков r_r .

К *системно-структурным (топологическим) характеристикам* относятся распределение длин путей, их суммарная и максимальная длина, структурные (энтропийные) характеристики. Путь при этом рассматривается как непрерывная и без повторений последовательность звеньев водотока, а его длина $\sum L$ измеряется суммой звеньев этого пути. При этом путь от истока до устья называется внешним, а от точки слияния до устья – внутренним. Тотальная суммарная длина $\sum L_m$ учитывает как внешние, так и внутренние пути. Максимальную длину пути в системе принято называть диаметром.

К *ориентационным характеристикам* в первую очередь относятся простейшие характеристики – ориентация главных водоразделов A_σ , ориентация долины главной реки A_ρ , ориентация притоков A_n (могут обозначаться как в румбах – С, СВ, В и т. д., так и в градусах начиная с севера по часовой стрелке). Кроме того, к таким характеристикам относятся распределение площади бассейна по ориентации (в 8 азимутальных интервалах в % от общей площади), коэффициент распределения площади по ориентации A_F (сумма в % четырёх наиболее распространённых ориентаций), коэффициент «южности» $A_{ю}$ (разность встречаемости южных (Ю, ЮВ, ЮЗ) и северных (С, СВ, СЗ) ориентаций в %).

К *симметричным характеристикам* относятся в первую очередь коэффициент асимметрии по площади $a_F = (F_L - F_n)/(F_L + F_n)$, коэффициент нерав-

характеристик. Подобный вид типизации имеют и другие из заявленных морфометрических характеристик.

Интерпретация исходной расчётной атрибутивной информации возможна и в форме справочных таблиц на разном уровне иерархии озёрно-бассейновых систем. В частности, в таблице 1 отображён результат получения справочной информации с использованием функции «Пересечение тем» — произведено пересечение тем «Водосборы 2 порядка» и «Естественные водотоки».

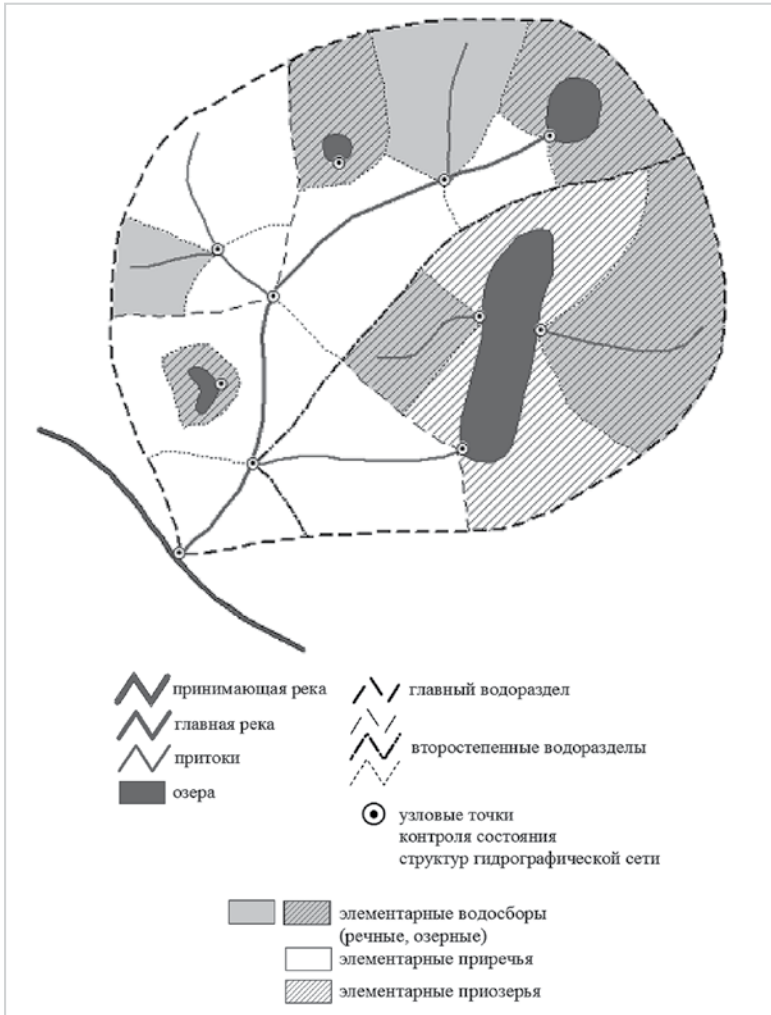


Рисунок 1 – Реализованная концептуальная модель соотношения структур бассейнового строения озёрно-бассейновой системы

**Таблица 1 – Длина и густота естественных водотоков в пределах водосборов 2 порядка озёрно-бассейновых систем Национального парка «Нарочанский»**

Бассейн 1 порядка	Бассейн 2 порядка	Площадь, км ²	Длина естественных водотоков, км	Густота, км/км ²
Бассейн р. Мяделка	бассейн оз. Мядель	84,92262	5,963705	0,070225
	собственно бассейн р. Мяделка	58,37535	37,513271	0,642622
Бассейн р. Нарочь	бассейн оз. Баторино	59,72416	11,87605	0,198848
	бассейн оз. Мястро	30,56551	7,245915	0,237062
	бассейн оз. Нарочь	68,48173	12,945299	0,189033
	бассейн р. Узлянка	242,4697	43,621805	0,179906
	собственно бассейн р. Нарочь	103,2624	11,474131	0,111116
бассейн р. Страча	бассейн оз. Вишневское	20,90055	5,172858	0,247499
	бассейн оз. Свирь	56,26847	33,440756	0,594307
	бассейн озер Большие и Малые Швакшты	37,71491	15,700951	0,416306
	бассейн р. Великий Перекоп	234,7876	90,341432	0,384779
	собственно бассейн р. Страча	185,0755	130,926751	0,707424

номерности развития речной сети $a_l = \Sigma l / \Sigma l_n$, коэффициент асимметрии по мощности (коэффициент энантиморфизма) $a_s = (\Sigma S_n - \Sigma S_n) / (\Sigma S_n + \Sigma S_n)$.

Методика исследования. В качестве типологических единиц для ГИС-анализа заявленных морфометрических характеристик озёрно-бассейновых систем Национального парка «Нарочанский» были использованы отдельные единицы бассейнового строения, полученные в ходе реализации авторской концепции [3] соотношения структур бассейнового строения озёрно-бассейновой системы (рисунок 1).

Всего была выделена 171 малая структура бассейнового строения, в том числе 83 малых водосборов, 49 – малых приречий и 39 – малых приозерий (топологические аналоги заявленных в концепции элементарных структур), выстроенных в иерархию систем 1-го, 2-го и 3-го порядка. Выделение структур и дальнейший анализ их морфометрических характеристик производились с использованием инструментария программной оболочки ArcMap и существующей ГИС парка, содержащей разнообразную и детальную исходную информацию о рельефе, гидрографической сети, особенностях растительного покрова. В частности, особенность реализованной в ГИС парка рабочей модели рельефа заключается в показе рельефа горизонталями с высотой сечения 10 метров, возможности идентификации горизонталей и масштабирования изображения.

Описание полученных результатов. Ниже приведены примеры компоновки расчётных атрибутивных таблиц в отдельные карты-схемы (рисунок 2, рисунок 3), отображающие результат получения морфометрических

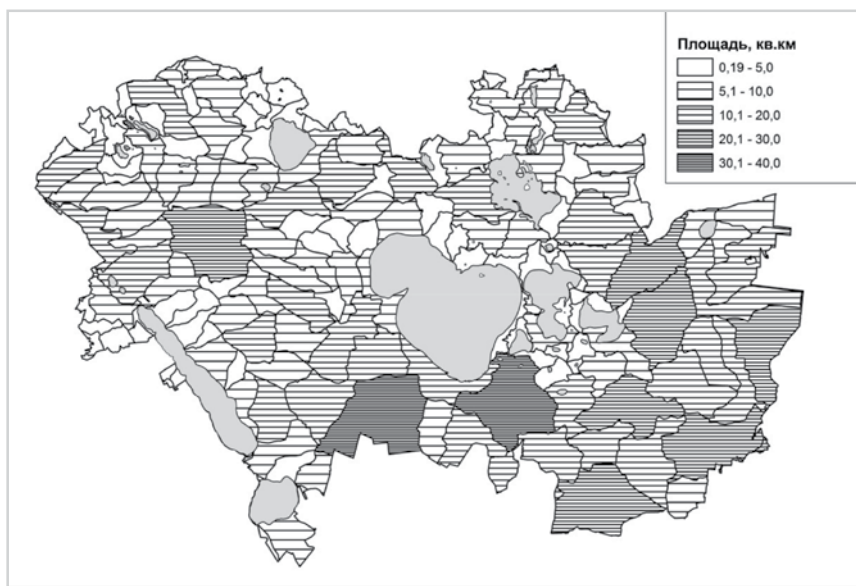


Рисунок 2 – Типизация малых структур бассейнового строения
НП «Нарочанский» по площади



Рисунок 3 – Типизация малых структур бассейнового строения
НП «Нарочанский» по длине водораздельной линии



Выводы. Таким образом, в ходе настоящего исследования впервые были получены морфометрические характеристики типологических структур бассейнового строения в пределах Национального парка «Нарочанский».

Исследование проведено в рамках НИР «Комплексная геоэкологическая оценка современного состояния озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский» (№ Г/Р 20164315).

Использованные источники

1. Корытный, Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л. М. Корытный. — Иркутск : Изд-во Института географии СОРАН, 2002. — 163 с.
2. Корытный, Л. М. Морфометрические характеристики речного бассейна / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. — № 3. — 1984. — С. 105–112.
3. Токарчук, О. В. Подходы к выделению озерно-бассейновых систем Национального парка «Нарочанский» / О. В. Токарчук // Актуальные проблемы наук о Земле: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки в Республике Беларусь; в 2 ч., Брест, 25–27 сентября 2017 г. / Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина ; редкол.: А. К. Карабанов [и др.]. — Брест: БрГУ, 2017. — Ч. 1. — С. 206–209.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ И ДОЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОДНЫХ СРЕДАХ ОЗЕР НАРОЧАНСКОЙ ГРУППЫ

*Красовский¹ А.Н., Турышев² Л.Н., Светашев³ А.Г.,
Демин⁴ В.С., Дорожко⁵ Н.В.*

*^{1,2,3,4,5}Национальный научно-исследовательский центр мониторинга
озоносферы БГУ, Республика Беларусь, г. Минск, natashka_d10.05@mail.ru*

Исследование процессов распространения солнечного излучения в водных средах природных и антропогенных водоемов представляет значительный научный и практический интерес при разработке оперативных оптических методов контроля их экологического состояния, а также в связи с изучением воздействия электромагнитного излучения различных спектральных диапазонов на водные биологические системы. Особенно это относится к излучению «биологически активных» диапазонов и, в частности, к УФ излучению. Известно, что достигающее земной поверхности солнечное излучение УФ-Б и УФ-А диапазонов вызывает целый ряд негативных биологических эффектов (эритема, катаракта, разрушение ДНК, меланома и др.). В то же время, работы, специально посвященные экспериментальному и теоретическому изучению УФ облученности водных сред поверхностных водоемов на различных глубинах, практически отсутствуют.

В настоящей работе представлены результаты исследования процессов распространения солнечного УФ излучения в водных средах озер Нарочанской группы.

Измерения биологически активной приземной солнечной УФ радиации проводились двухканальным фильтровым фотометром ПИОН-Ф [1, 2].

Результаты мониторинга, проводимого в течение последних семи лет, позволили сделать оценки суточных и сезонных вариаций доз облученности поверхности водоемов Нарочанского региона.

Анализ данных, полученных в 2011–2017 гг. показал, что за исследованный период среднесуточные дозы биологически активного приземного солнечного УФ излучения в регионе оз. Нарочь изменялись в диапазоне 40÷4250 Дж/м². В летние месяцы максимальные суточные дозы довольно часто приближались к 4000 Дж/м².

Осредненные для каждого месяца величины суточной дозы биологически активной УФ радиации, зарегистрированные изменялись от ~300÷400 Дж/м² в январе/декабре до 2000÷2300 Дж/м² в мае/августе. Дневные дозы облученности биоэффекта эритемы в летний период, составляли ~0.02÷0.3% от абсолютных значений доз общей облученности.

Исследование уровней облученности различных глубинных водных слоев проводились с помощью погружаемого фотометра, сконструирован-

ного в ННИЦ МО БГУ [1, 2]. Прибор состоит из двух переносных модулей: погружаемого и надводного. Параллельная работа модулей позволяет измерять мощность солнечного излучения на различных глубинах водоема, а также прозрачность водного слоя (от поверхности до уровня погружения) в спектральном диапазоне 285–400 нм. Дополнительное использование фильтровых насадок позволяет ограничить диапазон биологически активным УФ-Б излучением (285–315 нм).

Существующая в настоящее время недостаточность экспериментальных и теоретических исследований воздействия солнечного УФ излучения на водные био- и экосистемы в первую очередь связана со сложностями измерения малых доз излучения в водных слоях природных водоемов.

Кроме того, традиционно считается, что поскольку суммарная энергия излучения УФ диапазона составляет лишь проценты от полной энергии солнечного излучения, достигающего земной поверхности, то в водной среде УФ излучением можно пренебречь.

В то же время, результаты, полученные нами в 2014 г. в период натурных испытаний погружаемого модуля фотометра, свидетельствовали о наличии вполне «регистрируемых» интенсивностей УФ излучения на достаточно больших глубинах, что показало перспективность дальнейших исследований.

Кроме озера Нарочь «погружные» измерения проводились также в различных пунктах акватории озер Мястро, Малые Швакшты, Большие Швакшты, Белое и Баторино. Дальности от берега варьировались в пределах 200–2200 м. Измерения проводились при различных состояниях облачности и волнения водной поверхности. В качестве характеристик «прозрачности» использовались относительные интенсивности излучения, зарегистрированного на различных глубинах, а также «оптические толщины» (отрицательные десятичные логарифмы пропускания) слоев (Рис.1).

Эксперименты с погружаемыми системами, представляющие научный и практический интерес, были продолжены в следующие годы. При этом основное внимание уделялось изучению «прозрачности» природных водных сред для излучения УФ-А и УФ-Б спектральных диапазонов. Для этого прибор применялся в двух вариантах: с использованием фильтровой

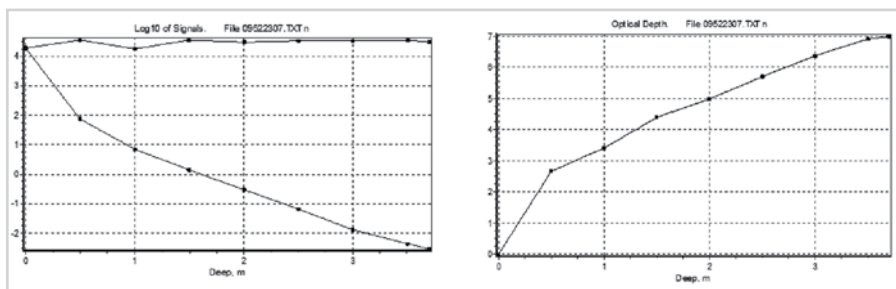


Рисунок 1. Логарифмы сигналов (слева) и оптическая толщина водных слоев (справа), регистрируемые надводным и погружаемым модулем прибора РіонDEEP в области (285–400 нм).

насадки, выделяющей УФ-Б часть спектра, и без предварительной фильтрации падающего излучения.

«Прозрачность» среды является одной из важных характеристик водоема. Она достаточно устойчива (с учетом сезонных зависимостей) для данного конкретного водоема и является одной из характеристик растворенного вещества и косвенно связана с протекающими в водоеме экологическими и биологическими процессами.

Определенная экспериментально функция пропускания позволяет сделать качественную оценку интенсивности излучения в различных слоях водной среды при регистрации спектральной плотности освещенности (СПЭО) на поверхности водоема.

Усредненные характеристики прозрачности водоемов Нарочанской группы были использованы для предварительной оценки уровней освещенности водной среды по данным, измеренным на уровне водной поверхности. Характеристики прозрачности водных слоев также являются важнейшим параметром в разрабатываемой в НИИЦ МО БГУ методике ретроспективной оценки УФ-климата на территории Нарочанского региона.

Тем не менее, в УФ диапазоне (по сравнению с видимым диапазоном), при значительном рассеянии и поглощении излучения водной средой, интерпретация и численное моделирование функции пропускания становится далеко нетривиальной задачей. Дело в том, что погружаемый прибор регистрирует уровни освещенности в мутной среде при многократном рассеянии излучения частицами, как правило, разнообразного состава и с неизвестным распределением по размерам. В данном случае требуется корректно решить многопараметрическую обратную задачу, аналогичную известным обратным задачам физики атмосферы.

Вследствие этого, теоретические исследования по данной проблеме были дополнены специальными лабораторными и натурными экспериментами.

Для уточнения параметров численной модели, описывающей распространение приземного солнечного излучения в водных средах с различными оптическими характеристиками, была проведена серия лабораторных измерений функции пропускания образцов природных и модельных водных объектов. Так в летний период вегетационного сезона 2016 года в лабораторных условиях проводилось исследование проб воды, отобранных на озерах Нарочанской группы и ряде природных водоемов Минска и минской области. Были исследованы спектры поглощения природных и модельных водных объектов в спектральном диапазоне $\lambda=200\div700$ нм.

Для проведения модельных исследований на основе модулей пакета libRadtran 2.0 [2] было разработано программное обеспечение, позволяющее численно моделировать спектры освещенности суммарным (прямым и диффузно рассеянным) солнечным излучением поверхности водоема при различных условиях (зенитный угол, облачность, параметры аэрозолей и т.п.), а также распространение этого излучения в водной среде и освещенности водных слоев на различных глубинах.

Программа объединяет атмосферный и водный модули, которые могут работать раздельно, что позволяет, использовать экспериментально изме-

ренные, например, спектрометриком ПИОН-УФ, спектры плотности энергетической освещенности (СПЭО) в диапазоне 280÷450 нм.

Результат такого расчета освещенности на глубине 10 м оз. Нарочь с использованием экспериментального спектра СПЭО, зарегистрированного на поверхности озера, представлен на рис. 2. В расчете использованы спектры поглощения проб Нарочанской воды.

Разработанная модель позволяет достаточно гибко использовать все доступные оптические параметры атмосферы и водной среды, что позволяет решать различные задачи гидрооптики. С ее помощью была проведена оценка влияния взвешенных органических и неорганических частиц на глубину проникновения в водную среду солнечного излучения в широком спектральном диапазоне, включающем УФ-Б область.

При проведении расчетов использовались как модельные, так и реальные параметры, характеризующие размеры и пространственное распределение рассеивающих частиц. В качестве реальных параметров использовались литературные данные и результаты, полученные при гидрологическом и спектрофотометрическом анализе водных проб.

На Рис. 3 представлен результат численного моделирования спектров СПЭО на глубине 10 м при различном содержании взвешенных частиц. Частицы моделировались сферами различных радиусов. В использованном варианте модель позволяет кроме радиусов и показателя преломления частиц задавать их концентрации и функции распределения по размерам в отдельных слоях.

При доработке модель позволит использовать различные дополнительные характеристики, например форму частиц, либо люминесцирующие свойства среды и т.п.

На основе данной модели разработаны алгоритм и программное обеспечение как для решения «обратных» задач гидрооптики, так и для проведения ретроспективной оценки облученности водных сред природных водоемов.

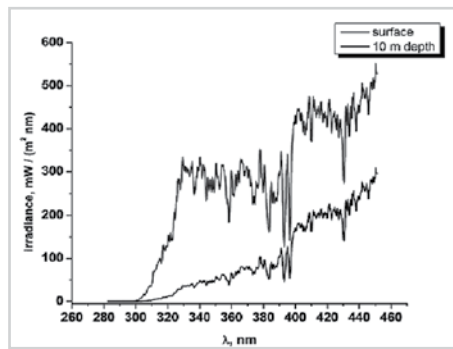


Рисунок 2 – Численное моделирование спектра СПЭО на глубине 10 м природного водоема по экспериментальному спектру СПЭО, зарегистрированному на поверхности

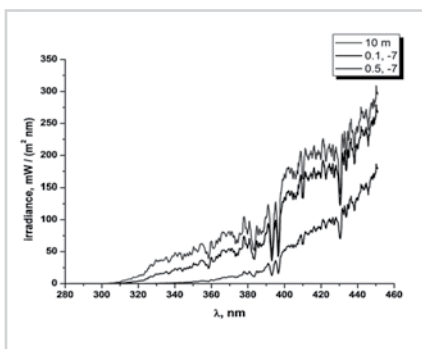


Рисунок 3 – Спектр на глубине 10 м, спектры с учетом диффузного рассеяния на твердых частицах (модель)

Усредненные характеристики прозрачности водоемов Нарочанской группы были использованы для предварительной оценки дневных доз освещенности водной среды по данным, измеренным на уровне водной поверхности. В качестве доз освещенности поверхности в УФ диапазоне использовались результаты мониторинга эритемной дозы за 2017 г. На рис. 4 представлены оценки месячной дозы облученности биологического эффекта эритемы на различных глубинах оз. Нарочь в мае и августе 2017 г.

Как видно из рисунка, солнечное излучение УФ-Б диапазона распространяется в водной среде озера до уровней глубины 15 и более метров, причем в мае регистрируется большая прозрачность для УФ излучения, чем в августе. В августе основная доля излучения поглощается поверхностным слоем воды толщиной ~0.5 м.

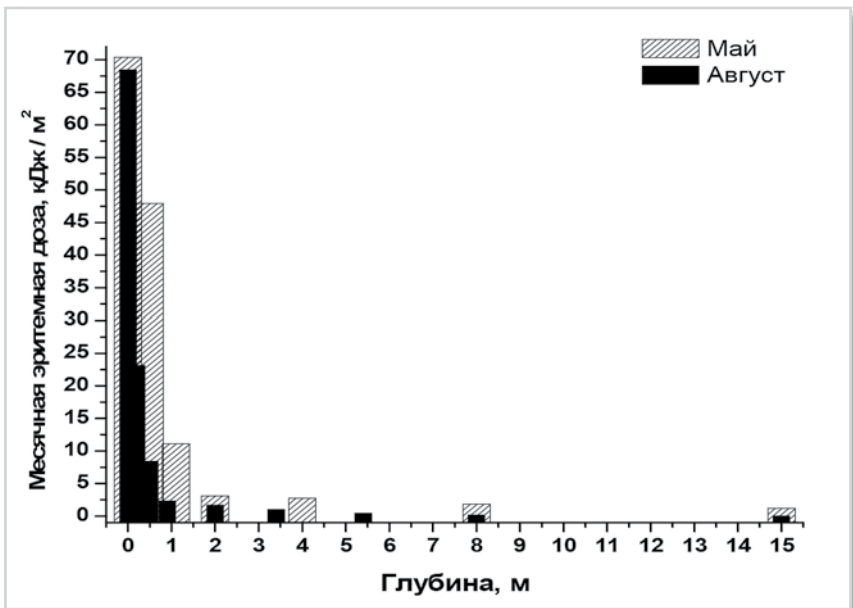


Рисунок 4. Распространение солнечного УФ-Б излучения в водной среде оз. Нарочь. Оценка месячных доз биоэффекта эритемы на различных глубинах для мая и августа 2017 г.

Литература

1. Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мястро, Баторино, (2015 год)/ Т.В. Жукова [и др.] ; под. общ. ред. д-ра биол. наук Т.М. Михеевой, Минск: БГУ, 2016, С. 9-10.
2. Mayer B., Kylling A., Emde C., Hamann U., Buras R. libRadtran user's guide. 2012, p. 153.



К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

***Груммо Д.Г., Цвирко Р.В., Куликова Е.Я., Зеленкевич Н.А.,
Русецкий С.Г., Жилинский Д.Ю., Мойсейчик Е.В.***

*Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН
Беларуси, Республика Беларусь, г. Минск, zm.hruto@gmail.com*

Работа по составлению крупномасштабной карты современной растительности национального парка «Беловежская пушта» (М 1:100 000), состояла из следующих этапов [4, 9]:

1) *предполевой (камеральный) этап* включал сбор фондовых данных на территорию исследуемого объекта, подбор материалов космической съемки, первичную обработку цифровых снимков и визуализацию данных, дешифрирование, выполнение автоматической неконтролируемой классификации, составление предварительной карты;

2) *полевые исследования* предусматривали наземное дешифрирование растительности по материалам спутниковой съемки;

3) *постполевой (камеральный) этап*, включающий подготовку картографической основы, систематизацию полевых материалов, разработку итоговой легенды, систематизацию эталонов изображений для создания картографических моделей, проведение контролируемой автоматической классификации территории, создание составительского оригинала карты.

Предполевой камеральный этап

Сбор фондовых данных на территорию исследуемого объекта. Анализ опыта использования космических материалов показал, что они представляют интерес для крупномасштабного геоботанического картографирования, в комплексе с другими источниками информации, традиционно используемых при составлении карт растительности [1, 2, 3, 5, 7, 10, 12].

Сбор и изучение фондовых данных начинался с анализа материалов земле- и лесоустройства (планшеты, планы лесонасаждений, таксационные описания), обработки документов по хозяйственному освоению исследуемой территории. Дополнительными картографическими материалами являлись специальные карты природы (гипсометрические, почвенные, геоморфологические). Они не содержат непосредственно сведений о растительном покрове, но дают характеристику сопряженных с ним важнейших элементов природного комплекса, знание которых важно для выявления пространственных закономерностей распределения растительности. Специальные карты природы, исходя из наличия корреляционных зависимостей между растительностью и факторами среды, помогают установить геоботаническое содержание составляемой карты [9].

При изучении научной литературы проводилось также ознакомление с рукописными материалами (отчетами), фитоценоотекой (базой геобота-

нических описаний), хранящимися в архивах Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси, так как они содержат фактический материал, отсутствующий в опубликованных работах. На основании изучения литературы, архивных материалов выявлены предварительный состав растительных сообществ, закономерности их распространения, а также степень хозяйственной освоенности территории.

Информация, содержащаяся в указанных документах, использовалась для создания тематических баз данных. Для этого выполнялись следующие работы: сканирование фондового картографического материала, геопривязка, векторизация данных и добавление атрибутивной информации.

Подбор данных космической съемки. В соответствии с решаемыми задачами были определены исходные требования к данным дистанционного зондирования:

- мультиспектральная съемка для синтеза цветных изображений с наличием ближнего инфракрасного канала (БИК, длина 0,7–1,3 мкм) – наиболее информативного при дешифрировании растительного покрова;
- высокое разрешение съемки для уверенного дешифрирования объектов площадью до 1,0 га;
- сплошное покрытие территории безоблачной (малооблачной, т.е. не выше 10%) съемкой;
- приемлемая стоимость данных космической съемки.

С учетом имеющихся материальных возможностей был осуществлен поиск и подбор материалов ДЗЗ на исследуемую территорию с различных спутниковых систем (Landsat 8, Pleadis, БКА, Sentinel2) за период 2013–2017 гг. Для валидации результатов исследований также использованы изображения, подготовленные на основе снимков высокого и сверхвысокого разрешения, доступных на геосервисах (Яндекс-карты, GoogleMaps, Космоснимки, Bing).

Обработка данных дистанционного зондирования осуществлялась в специализированных программных пакетах (ENVI, ArcGIS), которые позволяют выполнять: ввод и формирование изображения; предварительную обработку изображения (радиометрическую, геометрическую коррекцию, подавление шумов); создание синтезированных цветных изображений из комбинации спектральных каналов и др.

По окончании обработки материалы (совместно с метаданными о географической привязке) сохранялись (в форматах *.GeoTIFF, *.dat) для дальнейшего визуального дешифрирования с использованием ГИС-приложений и проведения автоматической классификации в специализированных программных пакетах.

Камеральное предполеовое дешифрирование (классификация) территории. На первом подэтапе для удобства дешифрирования цветные композитные изображения сопоставлялись с топографической картой участка, что позволило создать предварительную природную классификацию (типологию) территории. Наиболее значимыми признаками при дешифрировании являлись рисунок изображения, его морфологический облик, структурно-текстурные и топологические особенности [9]. Данная работа не отличалась от общепринятых подходов предварительного экспертного



дешифрирования территории. Предварительная легенда уже образует каркас будущей окончательной легенды карты растительности [20].

Второй подэтап предусматривал проведение неконтролируемой (*unsupervised*) автоматической классификации (метод *isodata*), которая выполнялась с использованием программного пакета ENVI. Количество классов при такой обработке снимка соответствует предварительной легенде карты, составленной при изучении фондового материала, литературных источников, визуальном дешифрировании территории. Автоматическую классификацию проводили для всего набора цветных композитных изображений, созданных на основе различных синтезов спектральных каналов.

Создание предварительной карты (прекарты). Данный этап является завершающим моментом подготовительного периода. Для территории парка создавалось комбинированное цветное изображение (прекарта типов дешифровочных выделов), состоящее из материалов лесоустройства (т.н. «лесная зона») и данных неконтролируемой автоматической классификации (нелесные земли). Прекарта, составленная в результате предварительного дешифрирования, является основным материалом для планирования полевых исследований.

Полевые исследования

Полученная информация позволила наметить расположение точек для определения репрезентативного набора геоботанических описаний. Работы в «лесной зоне» национального парка были направлены на проверку и уточнение выделения типов лесных растительных сообществ при базовом лесоустройстве. Рисунок растительного покрова нелесных земель (болота, луга, пашни и залежи) создавался в результате детального полевого обследования. Для классов растительности, закономерности распределения которых сложно интерпретировать однозначно, количество точек описаний было увеличено.

В ходе полевых описаний проводился сбор данных о состоянии растительности классическими геоботаническими методами [6], но с использованием GPS-приемника для привязки точек описаний и треков путевых маршрутов.

При проведении наземных работ сопоставлялись предварительные результаты дешифрирования космоснимков с наземными данными. В зависимости от полученных результатов, ранее выделенные классы могли объединяться или разделяться на несколько независимых. Количество пунктов наземных исследований для каждого класса могло варьировать в зависимости от однородности или неоднородности рисунка растительного покрова. Для всех новых или сложных для интерпретации классов количество точек описания было увеличено, чтобы при контролируемой автоматизированной классификации можно было набрать достаточный набор эталонных пикселей.

Дополнительно в специальных разделах бланков геоботанических описаний вносили информацию о степени рекреационной нарушенности растительности, устойчивости к пожарам, основных ведущих факторах

природной и антропогенной динамики, наличии редких и охраняемые видов растений и т.д.

Всего в ходе полевых исследований 2013–2017 гг. выполнено 1851 полных геоботанических описаний, в т.ч. «лесных» 743 описаний, «болотных» – 452, «луговых, сегетальных, рудеральных» – 576. Схема маршрута полевых описаний представлена на рисунке.

Постполевой камеральный этап

Камеральная обработка полевых данных состояла из нескольких подэтапов.

Обработка геоботанических описаний. Базу геоботанических описаний создавали с использованием стандартного пакета Microsoft Excel, что дает возможность импорта (экспорта) данных в другие программы анализа информации (JUICE, PC-ORD, ArcGIS и др.). Обработку массива геоботанических данных осуществляли в специализированной программе JUICE, при этом алгоритм включал следующие последовательные шаги:

- сортировку геоботанических описаний (вручную и методом TWINSPAN);
- анализ массива описаний с выделением групп диагностических, константных, доминантных видов;
- составление характеризующей обзорной таблицы картируемых синтаксонов.

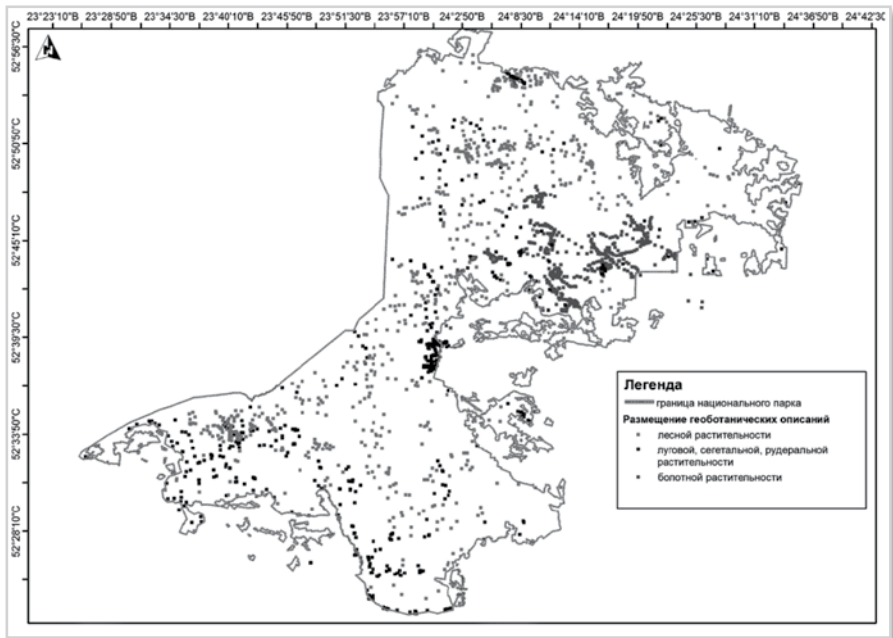


Рисунок – Размещение маршрутов исследований на территории национального парка «Беловежская пушча»



Разработка итоговой легенды геоботанической карты. Легенда карты составлена на основе флористического подхода к классификации растительности (метод Браун-Бланке). Выбор в пользу метода Браун-Бланке, был обусловлен тем, что для польской части Беловежской пуши геоботанические карты традиционно составляются именно на основе флористического метода. Применение единого подхода к созданию геоботанических карт позволит интегрировать исследования белорусских и польских ученых в дальнейшем, расширять трансграничное сотрудничество в области сохранения ценофона этого природного раритета.

Создание каталога эталонов растительных сообществ. После разработки легенды карты, каждому геоботаническому описанию присваивался номер легенды карты и создавался векторный слой полевых эталонов классов растительности.

Проведение контролируемой автоматической классификации. При картографическом изучении растительности применялась контролируемая классификация изображения с предварительной сегментацией.

Этот объектно-ориентированный процесс похож на традиционный подход к классификации пиксельного изображения, использующий методы контролируемой и неконтролируемой классификации. Однако вместо того, чтобы классифицировать пиксели, процесс классифицирует сегменты, которые можно рассматривать как суперпиксели.

Процесс извлечения объектов поддерживается инструментами ArcGIS, охватывающими три основные функциональные области.

Сегментация изображения — группирует вместе соседние пиксели со сходным цветом и геометрическими характеристиками.

Обучение классификатора — выполняется с использованием набора тренировочных данных (полевых описаний) и сегментированного раstra, по одному из представленных алгоритмов (ISO Cluster, Maximum Likelihood, Random Trees, Support Vector Machine).

Классификация раstra. Выходными данными является набор тематических растровых характеристик в соответствии со схемой, разработанной в процессе обучения.

Оценку достоверности результатов проводили на основе определения процентного отношения правильно определенных объектов к общему количеству классифицируемых. Достоверность классификации вначале оценивали визуально, выявляя наличие грубых промахов и несоответствий.

Затем переходили к количественной оценке, сравнивая результаты классификации с эталонными участками, в качестве которых использовались результаты наземных наблюдений, карты и снимки крупного масштаба, фондовые материалы. Практический опыт показывает, что достоверности классификации в 90–95% можно добиться для 2–3 классов. Удовлетворительными считаются результаты, если правильно определены 70–85% классифицируемых объектов [5]. Если полученные результаты были признаны неудовлетворительными, проводили коррекцию обучающей выборки (например, путем деления крупных классов на более мелкие) и затем повторяли процесс.

Генерализация (процесс обобщения и географического отображения содержания карты) проводилась на всех этапах работы над картой, вскрывая все новые и общие закономерности на каждом уровне обобщения. Выполняли геометрическую и типологическую генерализацию.

Геометрическая генерализация была направлена на объединение мелких элементов растительного покрова (минимальный размер графического выдела в масштабе 1:100 000 — 4 га) с более крупными. В целях соблюдения правил геоботанической картографии (объединение с наиболее экологически и флористически близкими сообществами) оконтуривание полигонов производили вручную. Фильтр был применен многократно, результат контролировался до достижения установленного уровня «сглаживания». В процессе геометрической генерализации допускалась некоторая схематизация, выпрямление (расширение, сглаживание) контуров полигонов выделов растительности, что придает карте более выразительный рисунок и позволяет более четко отобразить выявленные закономерности размещения растительных сообществ с учетом особенностей рельефа и гидрографической сети.

Географическая генерализация имеет дело с тематическим отбором материала, что определяется качеством исходных данных, назначением, масштабом карты, характером территории и сложностью растительного покрова. При географической генерализации:

- проводится отбор основных единиц, несущих нагрузку по тематическому содержанию карты;

- осуществляется переход от низших единиц классификации к более высоким уровням таксонов, удаляются переходные категории;

- проводится объединение антропогенно-производных растительных сообществ в единицы легенды.

Анализ и оформление карты осуществляли в программной среде ArcGIS. Вначале проводили агрегацию (слияние) пространственных объектов на основе заданных атрибутов (код таксона в легенде карты).

На каждом выделе растительности в центре проставлялся номерной индекс, отвечающий его содержанию по рабочей легенде карты, а окраска выдела соответствует принятому цвету шкалы. В системе красочно-штриховых обозначений использовалась цветовая гамма, принятая в отечественной картографии [8,11].

Каждый типологический выдел на карте сопровождается текстом, в котором, в лаконичной форме, сообщаются основные характеристики растительности: название таксона, перечень его доминирующих и диагностических видов в соответствии с классификационной схемой, наиболее характерные структурные или экологические особенности сообществ.

Для составленной геоботанической карты с использованием стандартного модуля, встроенного в платформу программы ArcGIS, произведены расчеты площадей картируемых единиц.

Классификационная схема (продромус) растительности национального парка «Беловежская пуша» с позиции флористической классификации представлена 16 классами, 28 порядками, 33 союзами, 79 ассоциациями, 11 вариантами, 10 фациями, 1 — безранговым сообществом.



Легенда. Основная единица в легенде карты — ассоциация, однако наряду с ней для отображения растительного покрова используются син-таксоны как более высокого ранга (союз), так и более низкого (фации, варианты), а также безранговые сообщества. Нарушение субординации в легенде, в первую очередь обусловлено мозаичностью и комплексностью растительности лугово-болотной растительности.

Всего в легенде карты представлено 73 картируемых таксона, в т.ч. лесных — 39, кустарниковых — 4, болотных — 13, луговых и пустошных — 11, рудеральной и сегетальной растительности — 5, вырубок и нарушенных лесных местообитаний — 1. Прочие земли (селитебная застройка и др.) отражены самостоятельной единицей.

В легенде карты принята иерархическая система подзаголовков. Растительность подразделена на 9 блоков:

- I. Хвойные, широколиственно-хвойные леса и вторичные мелколиственные леса на их месте (22 картируемых таксона);
- II. Умеренно влажные широколиственные леса и вторичные мелколиственные леса на их месте (5);
- III. Аллювиальные прирусловые леса (6)
- IV. Лиственные болотные леса (6);
- V. Кустарниковая растительность (4);
- VI. Болотная растительность (13);
- VII. Луговая и пустошная растительность (11);
- VIII. Рудеральная и сегетальная растительность (5);
- IX. Растительность вырубок (1).

Легенда карты представлена в табличной форме (см. таблицу). В первом столбце указан номер легенды, во втором — приведена общая характеристика растительных сообществ и группировок, в третьем и четвертом — сведения о занимаемой площади (га, %).

Геоботаническая карта может стать основой при инвентаризации биоразнообразия особо охраняемой природной территорией.

Таблица — Легенда и структура растительного покрова национального парка «Беловежская пуща» (по состоянию на 2017 г.)

№ легенды	Наименование	Площадь	
		га	%
I. ХВОЙНЫЕ, ШИРОКОЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫЕ ЛЕСА И ВТОРИЧНЫЕ МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА НА ИХ МЕСТЕ		81076,0	54,0
1	Сосновые лишайниково-зеленомошные ass. <i>Cladonio rangiferinae</i> - <i>Pinetum sylvestris</i>	99,5	0,1
2	Сосновые кустарничково-зеленомошные ass. <i>Peucedano oreoselini</i> - <i>Pinetum sylvestris</i>	31150	20,7
2a	Сосново-березовые с елью, дубом кустарничково-зеленомошные с лугово-лесными видами ass. <i>Peucedano oreoselini</i> - <i>Pinetum sylvestris</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	458,3	0,3

Продолжение таблицы

№ легенды	Наименование	Площадь	
		га	%
2b	Сосновые и березово-сосновые молодняки с разреженным травяно-кустарничковым покровом и пятнами зеленых мхов ass. <i>Peucedano oreoselini-Pinetum sylvestris</i> (var. inops)	2527,3	1,7
3	Дубово-елово-сосновые кустарничково-зеленомошные с бореальными травами ass. <i>Quercu roboris-Pinetum sylvestris</i>	20590,6	13,7
3a	Березовые с осиной, сосной, елью, дубом злаково-орляковые с пятнами зеленых мхов <i>Quercu roboris-Pinetum sylvestris</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	1539,5	1,0
3b	Дубово-елово-сосновые злаково-орляковые молодняки ass. <i>Quercu roboris-Pinetum sylvestris</i> (var. inops)	1935,0	1,3
4	Сосновые и елово-сосновые чернично-молиниевые-зеленомошные, в сочетании с кустарничково-молиниевое-сфагново-долгомошные ass. <i>Molinio caerulea-Pinetum sylvestris</i>	9381,6	6,2
4a	Березовые с сосной, елью молиниевые-долгомошные ass. <i>Molinio caerulea-Pinetum sylvestris</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	598,6	0,4
4b	Березовые с сосной сфагново-долгомошные с болотными кустарничками, заболачивающиеся ass. <i>Molinio caerulea-Pinetum sylvestris Sphagnum fallax var</i>	391,1	0,3
5	Сосновые кустарничково-сфагновые ass. <i>Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris</i>	1224	0,8
5a	Сосновые кустарничково-сфагново-зеленомошные на торфах верхового типа осушенные ass. <i>Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris Vaccinium myrtillus var</i>	308,7	0,2
6	Сосновые пушицево-кустарничково-сфагновые ass. <i>Sphagno-Pinetum sylvestris</i>	107,8	0,1
7	Сосновые и пушистоберезово-сосновые с елью и ольхой черной осоково-травяно-гипново-сфагновые com. <i>Pinus sylvestris-Carex appropinquata-Sphagnum centrale</i>	1148	0,8
8	Еловые и широколиственно-еловые кисличные с бореальным мелкотравьем и зелеными мхами ass. <i>Quercu roboris-Piceetum abietis</i>	1752,2	1,2
8a	Широколиственно-елово-сосновые кисличные с бореальным мелкотравьем и зелеными мхами ass. <i>Quercu roboris-Piceetum abietis</i> (fac. <i>Pinus sylvestris</i>)	2546,2	1,7
8b	Елово-березовые сложные (с дубом, липой, кленом, грабом) кисличные ass. <i>Quercu roboris-Piceetum abietis</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	1223,1	0,8

Продолжение таблицы

№ легенды	Наименование	Площадь	
		га	%
8с	Елово-осиновые сложные (с дубом, липой, кленом, грабом) кисличные ass. <i>Quercus roboris-Piceetum abietis</i> (fac. <i>Populus tremula</i>)	631,7	0,4
8d	Еловые с дубом молодняки злаково-орляково-кисличные ass. <i>Quercus roboris-Piceetum abietis</i> (var. inops)	868,6	0,6
9	Еловые чернично-сфагново-долгомошные и приручейно-травяные <i>Sphagno girgensohnii-Piceetum abietis</i>	974,4	0,6
9a	Елово-сосновые с ольхой черной приручейно-травяные <i>Sphagno girgensohnii-Piceetum abietis</i> (fac. <i>Pinus sylvestris</i>)	929,3	0,6
9b	Березовые и елово-березовые приручейно-травяные ass. <i>Sphagno girgensohnii-Piceetum abietis</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	690,5	0,5
II. УМЕРЕННО ВЛАЖНЫЕ ШИРОКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА И ВТОРИЧНЫЕ МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА НА ИХ МЕСТЕ		13538,5	8,9
10	Смешанные липово-дубово-грабовые кисличные ass. <i>Tilio cordatae-Carpinetum betuli</i>	2096,5	1,4
10a	Дубравы сложные (с липой, грабом, кленом, елью) кисличные ass. <i>Tilio cordatae-Carpinetum betuli</i> (fac. <i>Quercus robur</i>)	4368,4	2,9
10b	Сосновые сложные (с дубом, липой, кленом, грабом) кисличные ass. <i>Tilio cordatae-Carpinetum betuli</i> (fac. <i>Pinus sylvestris</i>)	3946,2	2,6
10c	Березовые сложные (с осиной, дубом, липой, кленом, грабом) кисличные ass. <i>Tilio cordatae-Carpinetum betuli</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	2464,2	1,6
10d	Осиновые сложные (с дубом, липой, кленом, грабом) кисличные ass. <i>Tilio cordatae-Carpinetum betuli</i> (fac. <i>Populus tremula</i>)	663,2	0,4
III. АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПРИУСЛОВЫЕ ЛЕСА		9101,4	6,1
11	Черноольховые и ясенево-черноольховые сложные с развитым бореально-неморальным травостоем ass. <i>Stellario nemorum-Alnetum glutinosae</i>	1733,0	1,2
11a	Ясенево-черноольхово-дубовые травяные, сложные ass. <i>Stellario nemorum-Alnetum glutinosae</i> (fac. <i>Quercus robur</i>)	305,6	0,2
12	Черноольховые с елью, ясенем сложные, высокотравные, заболоченные ass. <i>Circae alpinae-Alnetum glutinosae</i>	5275,6	3,5
12a	Черноольхово-еловые высокотравные, заболоченные ass. <i>Circae alpinae-Alnetum glutinosae</i> (fac. <i>Picea abies</i>)	922,2	0,6

Продолжение таблицы

№ легенды	Наименование	Площадь	
		га	%
12b	Березовые и черноольхово-березовые сложные, высоко- травные, заболоченные ass. <i>Circaeo alpinae-Alnetum glutinosae</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	495,4	0,3
12c	Березовые и черноольхово-березовые крапивные молод- няки ass. <i>Circaeo alpinae-Alnetum glutinosae</i> (var. <i>inops</i>)	369,6	0,3
IV. ЛИСТВЕННЫЕ БОЛОТНЫЕ ЛЕСА		20581,2	13,7
13	Черноольховые кочедыжниковые ass. <i>Carici elongatae-Alnetum glutinosae</i>	10132,0	6,7
13a	Черноольхово-березовые кочедыжниковые ass. <i>Carici elongatae-Alnetum glutinosae</i> (fac. <i>Betula pendula</i>)	1910,6	1,3
14	Черноольховые гидрофильно-травяно-осоковые ass. <i>Carici acutiformis-Alnetum glutinosae</i>	2339,5	1,6
14a	Березовые гидрофильно-травяно-осоковые ass. <i>Carici acutiformis-Alnetum glutinosae</i> (fac. <i>Betula pubescens</i>)	674,3	0,4
15	Черноольховые болотно-папоротниковые ass. <i>Thelypterido palustris-Alnetum glutinosae</i>	2974,6	2,0
16	Березовые болотно-папоротниковые с разреженным сфаг- новым покровом ass. <i>Thelypterido palustris-Betuletum pubescentis</i>	2550,2	1,7
V. КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		2693,1	1,8
17	Ивняки пойменные ass. <i>Salicetum fragilis</i>	9,5	<0,1
18	Ивовые заросли на эвтрофных болотах, производные на месте черноольховых лесов ass. <i>Salicetum pentandro-auritae</i>	252,5	0,2
19	Ивовые заросли на мезотрофных болотах ass. <i>Salicetum auritae</i>	2374,6	1,6
20	Заросли ивы розмаринолистной и березы низкой с осоко- вым травостоем ass. <i>Betulo-Salicetum repentis</i>	56,5	<0,1
VI. БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		8898,2	5,9
21	Комплекс гидрофитных и гидрофитных сообществ моно- доминантных высоких трав PHRAGMITION AUSTRALIS (ass. <i>Equisetum fluviatilis</i> + ass. <i>Phragmitetum australis</i> + ass. <i>Typhetum latifoliae</i>) локально в сочетании с ass. <i>Thelypterido palustris-Phragmitetum australis</i> , <i>Caricetum gracilis</i>	670,0	0,5
22	Комплекс гидрофитных злаковых сообществ: ass. <i>Phragmitetum australis</i> + ass. <i>Phalaridetum arundinaceae</i>	774,5	0,5

Продолжение таблицы

№ легенды	Наименование	Площадь	
		га	%
22а	Гигрофитные сообщества с преобладанием осоки ложно-сытевой ass. <i>Cicuto virosae</i> - <i>Caricetum pseudocyperii</i>	64,5	<0,1
23	Гигрофитные сообщества с преобладанием осоки острой ass. <i>Caricetum gracilis</i>	270,0	0,2
24	Гигрофитные сообщества с преобладанием осоки высокой ass. <i>Caricetum elatae</i>	50,6	<0,1
25	Гигрофитные и гидрофитные сообщества с преобладанием осоки вздутой ass. <i>Equiseto fluviatilis</i> - <i>Caricetum rostratae</i>	350,0	0,2
26	Гигрофитные сообщества с преобладанием осоки волосисто-плодной ass. <i>Peucedano palustris</i> - <i>Caricetum lasiocarpae</i>	1528,2	1,0
27	Гигрофитные сообщества с преобладанием осоки сближенной ass. <i>Caricetum appropinquatae</i>	69,6	0,1
28	Гигрофитные сообщества с преобладанием осоки дернистой ass. <i>Comaro palustris</i> - <i>Caricetum cespitosae</i>	22,5	<0,1
29	Комплекс гигрофитных крупноосоковых сообществ MAGNO-CARICION ELATAE (ass. <i>Equiseto fluviatilis</i> - <i>Caricetum rostratae</i> + ass. <i>Peucedano palustris</i> - <i>Caricetum lasiocarpae</i> + ass. <i>Caricetum elatae</i> + ass. <i>Caricetum diandrae</i>)	3904,3	2,6
30	Комплекс гигрофитных и гидрофитных сообществ злаков и корневищных осок MAGNO-CARICION GRACILIS (доминируют: ass. <i>Caricetum acutiformis</i> + ass. <i>Caricetum gracilis</i> + ass. <i>Caricetum vesicariae</i>), локально в сочетании с ass. <i>Scirpetum sylvatici</i>	110,1	0,1
31	Гигромезофитные сообщества с преобладанием осоки черной с фрагментами деградированных сенокосов ass. <i>Caricetum nigrae</i> , локально ass. <i>Deschampsio-Festucetum rubrae</i>	19,6	<0,1
32	Комплекс растительности: осоково-пушицево-травяно-сфагновые сообщества SPHAGNO-CARICION CA-NESCENTIS (ass. <i>Sphagno recurvi</i> - <i>Caricetum rostratae</i> + ass. <i>Sphagno recurvi</i> - <i>Caricetum lasiocarpae</i>)	1064,3	0,7
VII. ЛУГОВАЯ И ПУСТОШНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		6293,3	4,2
33	Псаммофитные травяные сообщества с булавоносцем седым ass. <i>Corniculario aculeatae</i> - <i>Corynephorum canescentis</i>	24,4	<0,1

Продолжение таблицы

№ легенды	Наименование	Площадь	
		га	%
34	Психромезофитные сообщества с белоусом торчащим ass. <i>Festuco capillatae-Nardetum strictae</i>	34,4	<0,1
35	Ксеромезофитные луговые сообщества с мятликом узко- листным ass. <i>Poëtum angustifoliae</i>	32,2	<0,1
36	Комплекс мезофитных луговых сообществ: ass. <i>Poo-Festucetum rubrae</i> + ass. <i>Arrhenatheretum elatioris</i> + ass. <i>Festucetum pratensis</i> + com. <i>Dactylis glomerata</i> + com. <i>Phleum</i> <i>pratensis</i>	2739,3	1,8
37	Гигромезофитные сообщества с луговиком дернистым ass. <i>Deschampsietum caespitosae</i>	533,2	0,4
38	Гигромезофитные сообщества с бухарником шерстистым ass. <i>Holcetum lanati</i>	48,1	<0,1
39	Гигромезофитные сообщества с ситником развесистым ass. <i>Epilobio-Juncetum effusi</i>	45,5	<0,1
40	Гигромезофитные сообщества с лабазником вязолистным ass. <i>Lysimachio vulgaris-Filipenduletum ulmariae</i>	29,6	<0,1
41	Гигромезофитные сообщества с лисохвостом луговым ass. <i>Poo trivialis-Alopecuretum pratensis</i>	931,3	0,6
42	Гигромезофитные сообщества с двухкосточником тростни- ковидным, лисохвостом луговым и кострецом безостым ass. <i>Alopecuro pratensis-Phalaroidetum</i> + ass. <i>Bromopsi-Phala-</i> <i>roidetum arundinaceae</i>	997,7	0,7
43	Комплекс мезогигрофитных травяных сообществ: ass. <i>Caricetum gracilis</i> + <i>Caricetum acutiformis</i> + ass. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> + ass. <i>Scirpetum sylvatici</i> + ass. <i>Caricetum cespitosae</i>	877,6	0,6
VIII. РУДЕРАЛЬНАЯ И СЕГЕТАЛЬНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ		5844,1	3,9
44	Сообщества корневищнозлаковых стадий восстановитель- ных сукцессий с пыреем ползучим и кострецом безостым		
44a	ass. <i>Convolvulo arvensis-Elytrigietum repentis</i>	2007,5	1,3
44b	ass. <i>Convolvulo arvensis-Brometum inermis</i>	642,0	0,4
45	Многолетние и двулетние высокотравные нитрофильные сообщества влажных местообитаний с купырем лесным, крапивой двудомной, посконником коноплевидным, тори- лисом японским: ass. <i>Symphyto officinalis-Anthriscetum sylvestris</i> , com <i>Urtica dio-</i> <i>ica, Calystegio-Eupatorietum, Torilidetum japonicae</i>	1231,7	0,8

№ легенды	Наименование	Площадь	
		га	%
46	Двулетние и многолетние высокотравные ксеромезо- фитные и мезофитные сообщества с донниками белым и желтым, пижмой обыкновенной, полынью обыкновенной, золотарником канадским, бодяком полевым ass. <i>Melilotetum albo-officinalis</i> , ass. <i>Tanacetum vulgare-Artemisi-</i> <i>etum vulgare</i> , com. <i>Solidago canadensis</i> , com. <i>Cirsium arvense</i>	101,3	0,1
47	Однолетние сеgetальные сообщества пашенных посевов с метлицей обыкновенной, васильком синим, сушеницей топяной, трехреберником обыкновенным, гречишкой выюнковой, марью белой ass. <i>Centaureo-Aperetum spicae-venti</i> , ass. <i>Gnaphalio uliginosae-</i> <i>Matricarietum perforatae</i> , ass. <i>Fallopia convolvulus-Chenopodi-</i> <i>etum albi</i>	1861,6	1,3
IX. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВЫРУБОК		1632,5	1,1
48	Травяные сообщества лесных вырубок ЕРІОБИТЕА ANGUSTIFOLII (<i>Pteridietum aquilini</i> , <i>Rubus idaei-Calamagros-</i> <i>tietum arundinaceae</i> , <i>Senecioni-Epilobietum angustifolii</i>)	1632,5	1,1
ПРОЧИЕ ЗЕМЛИ		434,5	0,3

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Белов, А.В. Картографическое изучение биоты / А.В. Белов, В.Ф. Лямкин, Л.П. Соколова. — Иркутск: Облмашинформ, 2002. — 176 с.
- Виноградов, Б.В. Космические методы изучения природной среды / Б.В. Виноградов. — М.: Мысль, 1976. — 287 с.
- Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. — М., 1984. — 320 с.
- Груммо, Д.Г. Методические подходы к созданию крупномасштабной карты растительности с использованием данных дистанционного зондирования и современных информационных технологий / Д.Г. Груммо // Ботаника (исследования). — Минск, 2014. — Вып. 43. — С. 48–74.
- Лабутина, И.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ. Методическое пособие / И.А. Лабутина, Е.А. Балдина. — М.: WWF России, 2011. — 88 с.
- Полевая геоботаника: в 5 т / редкол.: Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. — Москва—Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1959. — Т. 1. — 444 с.
- Растительность Западной Сибири и ее картографирование / гл. ред. А.В. Белов. — Новосибирск: Наука, 1984. — 120 с.
- Растительный покров Белоруссии: (с картой М 1:1 000 000) / Акад. наук БССР, Ин-т эксперим. ботаники: ред.: И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман. — Минск: Наука и техника, 1969. — 175 с.
- Рачковская, Е.И. Использование дистанционных методов для оценки степени антропогенной трансформации пастбищ / Е.И. Рачковская, С.С. Темирбеков, Р.Е. Садвокасов // Геоботаническое картографирование 1998–2000. — СПб, 2000. — С. 16–25.
- Сочава, В.Б. Растительный покров на тематических картах / В.Б. Сочава. — Новосибирск: Наука, 1979. — 190 с.
- Юркевич, И.Д. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование / И.Д. Юркевич, Д.С. Голод, В.С. Адерихо. — Минск, 1979. — 248 с.
- Pedrotti, F. Cartografia geobotanica / F. Pedrotti. — Pitagora, Bologna, 2004. — 236 p.

УДК 37.01:911:004

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ПОДГОТОВКЕ ГИС-СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ ВОПРОСОВ: ШКОЛА-УНИВЕРСИТЕТ-ПРАКТИКА

Тупицына Н.Б.

*Учреждение образования «МГУ имени А.А. Кулешова»,
г. Могилев, Беларусь, e-mail: nataliatupitsyna@gmail.com*

Информатизация современного общества определяет необходимость разработки научно-обоснованных подходов к реализации инновационных проектов и разработок как в учебной и научно-исследовательской деятельности, так и в решении конкретных практических задач.

Пространственный анализ, наряду с анализом больших массивов данных, — это тот практический навык, который в настоящее время требуется от специалиста в любой сфере хозяйственной деятельности. Среди предложенных Microsoft и The Future Laboratory ТОП-10 специальностей отмечаются такие, как дизайнер виртуальной реальности, виртуальные экскурсоводы и digital-комментаторы, специалисты по восстановлению экосистем. По версии экспертов «СКОЛКОВО», к наиболее реалистичными профессиям будущего были отнесены так же сити-фермеры и менеджеры по космическому туризму.

Таким образом, геоинформационная парадигма, отражающая, с одной стороны, рост объемов информационной деятельности в жизни человека, с другой — оперативное предоставление и получение разнообразной геоинформации потребителю, становится определяющей в переходе к новому, информационному этапу развития. Одним из обязательных условий подготовки конкурентоспособных специалистов, в том числе, природоохранного профиля, является преемственность в изучении и освоении ГИС-технологий на всех ступенях получения образования и применение полученных знаний и навыков на практике.

Для обеспечения преемственности в овладении ГИС-технологиями на протяжении нескольких лет кафедрой естествознания МГУ имени А.А. Кулешова организуется работа по следующим основным направлениям: применение ГИС на уроках географии в школе, ГИС-технологии в организации школьной исследовательской и проектной деятельности, применение ГИС-технологий в научно-исследовательской работе, ГИС для организации учебных полевых практик студентов, геоинформационное обеспечение изучения дисциплин естественнонаучного и общественного профиля на 1 и 2 ступени получения высшего образования, геоинформационное обеспечение деятельности экологических общественных организаций. Особо следует отметить такие актуальные направления, как использование ГИС для вовлечения общественности в процесс

принятия экологически значимых решений (сбор экологически значимой информации, получение достоверной экологической информации из открытых картографических источников) и применение ГИС-технологий для повышения эффективности работы координационного совета по экологии Могилевского областного комитета природных ресурсов. Таким образом, ГИС постепенно становятся привычным инструментом для решения практических задач различного уровня.

Работа со школьной площадкой осуществляется на нескольких уровнях: повышение квалификации педагогов на базе Могилевского областного института развития образования, консультирование учителей и учащихся в рамках подготовки работ исследовательского характера по географии, биологии и экологии, знакомство с ГИС-технологиями в рамках интерактивных экскурсий в демонстрационном STEM-центре на базе МГУ имени А.А. Кулешова. В настоящее время активное взаимодействие с использованием ГИС для выполнения исследовательских работ налажено с 11 школами Могилёвской области.

При методической поддержке кафедры естествознания учащимися Могилевского областного лицея № 3 была произведена оценка и создана интерактивная карта доступности объектов социальной инфраструктуры г. Могилева, разработана карта, отражающая качественную оценку детских площадок Могилева (рисунок 1).

На базе ГУО «Средняя школа №4 г. Шклова» организован школьный экологический мониторинг малой реки, организуются школьные экологические экскурсии, ведется учебная, проектная и кружковая работа с использованием ГИС-технологий [1, 2, 3]. Необходимо отметить, что данное

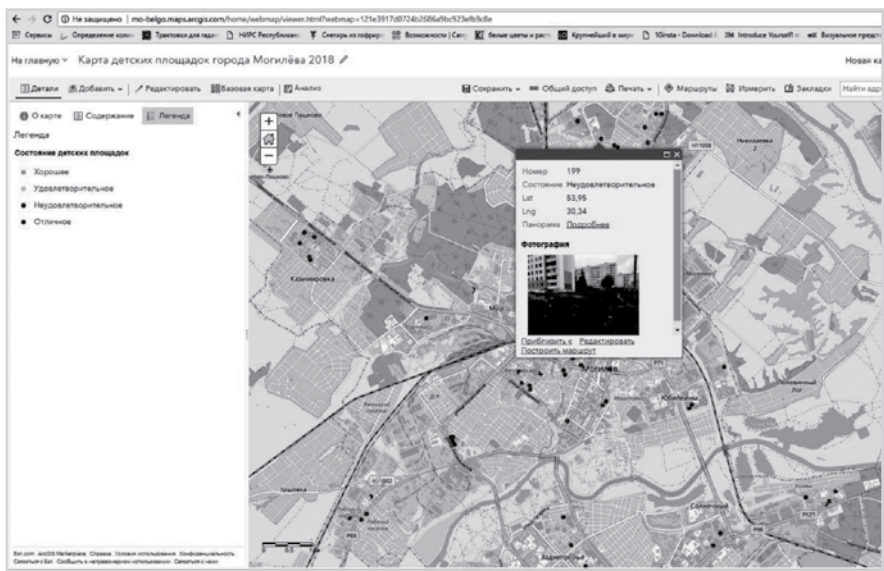


Рисунок 1 – интерактивная карта «оценка детских площадок»

учреждение при поддержке Сообщества природоохранных ГИС Беларуси и кафедры естествознания МГУ имени А.А. Кулешова впервые в республике получило лицензионную подписку на 50 рабочих мест на полнофункциональное программное обеспечение ArcGIS for Schools Bundle.

Ряд школ Могилевской области работают по программе River Watch, используя веб-гис-приложения для сбора данных об источниках загрязнения и о качестве питьевой воды в колодцах и родниках, разработанные автором.

В рамках создания STEM-центра при реализации местной инициативы Проекта ЕС-ПРОН «Содействие развитию на местном уровне в Республике Беларусь» №00073130 в УО «Краснопольская районная государственная гимназия» закуплено лицензионное программное обеспечение ArcGIS for Desktop Advanced Lab Kit. С его применением педагоги естественнонаучного цикла и учащиеся школ Краснопольского района реализуют исследовательские проекты по направлениям «адаптация к изменению климата» и «повышение энергоэффективности».

Основными направлениями работы с применением геоинформационных онлайн-ресурсов в УО «Средняя школа №2 г. Чаусы» являются исследовательская работа в рамках актуализации информации для разработки Зеленой карты (Проект КОМГОР) и общественный мониторинг качества природных вод.

С использованием функционала ArcGIS-online учащимися Межиситской средней школы Могилевского района под руководством учителя географии разрабатываются краеведческие экскурсии и веломаршруты, оценен потенциал для развития агроэкотуризма в Могилевском районе, создается школьная ГИС.

Университетская площадка ГИС-образования и просвещения не ограничивается созданием иллюстративного материала для презентации учебных материалов. На факультете математики и естествознания в рамках Экологического Научно-образовательного Центра функционирует СНИЛ картографии и краеведения. Приоритетным направлением является геоинформационное обеспечение деятельности, направленной на достижение целей устойчивого развития Могилевского Поднепровья. Наибольшее внимание уделяется вопросам развития агроэкотуризма [4], формированию велосипедных и водных экологических маршрутов, образовательных экологических троп, сохранению и повышению эффективности зеленых насаждений на урбанизированных территориях, атласному картографированию.

Представление о геоинформационных технологиях и возможностях их применения в научно-исследовательской и практической деятельности студенты получают в ходе изучения ряда дисциплин (основы геоинформационных технологий, экологическое картографирование, картография с основами топографии, методика преподавания географии), закрепляя полученные знания на практике при выполнении курсовых и дипломных работ и прохождении учебных полевых практик. При изучении дисциплин географического профиля студенты используют возможности открытых ГИС для выявления взаимосвязей географических явлений и процессов,

создания учебного картографического материала, разработки уроков географии.

Для повышения эффективности учебной деятельности используются возможности ресурса «Живой атлас Мира», функционал ArcGiS-online при выполнении индивидуальных заданий по общему землеведению и физической географии материков и океанов, а также при освоении географической номенклатуры. Отчеты о прохождении педагогических и учебных практик по социально-экономической географии и основам производства, основам сельского хозяйства, школьному туризму, экологии выполняются в среде ArcGiS-online. Наиболее удобным для реализации этой техничеки простой задачи нам представляется использование готовых шаблонов для создания карт-историй: Story Map Journal – для подготовки общего отчета по практике (рисунок 2), для визуализации доклада для защиты курсовой / дипломной работы; Story Map Tour – для экспедиционных исследований, разработки школьных турмаршрутов; Story Map Cascade – для изучения территории методом случайных либо ключевых участков, отчета по индивидуальному заданию в рамках учебной полевой практики; Story Map Series – для разработки уроков географии.

Для сбора актуальных полевых данных, необходимых при выполнения лабораторных и практических работ, в курсах «организация природоохранной деятельности», «оценка рисков хозяйственной деятельности», «экологическое картографирование» студенты используют веб-приложения, разработанные на основе шаблона GeoForm (рисунок 3). Для интерпретации полученной информации применяются функции анализа, доступные в среде ArcGiS-online.

Геоинформационные технологии являются эффективным инструментом *сотрудничества широкой общественности, общественных экологических организаций и лиц, принимающих экологически значимые*



Рисунок 2 – Пример отчета по учебной полевой практике

решения. Примером успешного взаимодействия университетской площадки с общественностью для решения экологических вопросов является разработка интерактивных карт «горячих точек» и уровня содержания нитратов в колодцах и родниках. Для сбора фактических актуальных данных по данным темам были разработаны веб-ГИС-приложения, предложенные для тестирования и использования различными целевыми аудиториями.



Рисунок 3 – интерфейс приложения для сбора данных о состоянии древесной растительности

Сбор первичных данных для карты источников загрязнения природных вод (горячих точек) использовался картографический сервис Google Maps. В полевые сезоны 2017–2018 гг. информация верифицировалась в ходе экспедиционных исследований при поддержке Водной Программы Коалиции Чистая Балтика. Для этих целей было разработано приложение (на основе шаблона GeoForm) для внесения фактической и мультимедийной информации в базу данных (рисунок 4).

Одной из основных задач при разработке приложения являлась простота его использования в полевых условиях. Поскольку наиболее заинтересованными и наиболее мобильными целевыми группами являются велосипедисты (заинтересованы проезжать по чистой местности, отдыхать на берегах незагрязненных водных объектов), сельские школьники (ак-



Рисунок 4 – интерфейс веб-приложения и элемент карты горячих точек



тивно путешествуют в окрестностях своего населенного пункта), школьные учителя (организуют и курируют исследовательскую работу, работу по экологическому воспитанию), студенты (собирают материал для выполнения научно-исследовательских и учебных работ, осуществляют связь университета как образовательного центра с территорией в широком понимании), к приложению предъявлялись следующие требования: мультиплатформенность, возможность сбора данных при отсутствии Интернета, простота в определении объекта воздействия, быстрота и удобство внесения информации, возможность вносить данные анонимно или указать свои контакты и получить обратную связь, возможность прикрепить фотографии или видео. С целью минимизации временных затрат на открытие приложения (наиболее актуально для велосипедистов) был сгенерирован QR-код, обеспечивающий доступ к форме сбора данных. Он был нанесен на влагоустойчивые наклейки и распространен среди представителей велосипедного сообщества на открытии велосезона.

По результатам, собранным с использованием данного приложения, были подготовлены общественные обращения в Могилевский областной комитет природных ресурсов. По отдельным зафиксированным нарушениям экологического законодательства были приняты меры. Некоторые горячие точки были взяты под контроль. На заседании Областного Координационного Экологического Совета была отмечена эффективность такого рода исследований и применения доступных мобильных инструментов для осуществления общественного экологического контроля.

Эффективным инструментом для сотрудничества общественности, экологических организаций и лиц, принимающих решения, стала разработанная в рамках реализации задач Водной Программы Коалиции Чистая Балтика интерактивная карта, отражающая содержание нитратов в колодезной и родниковой воде и веб-приложение, предназначенное для сбора и актуализации данных о нитратном загрязнении. Для контроля за уровнем нитратов в питьевой воде используются экспресс-тесты (тест-полоски), которые бесплатно предоставляют общественные экологические организации (ЦЭР, ЭНДО). Они тесно работают с наиболее уязвимыми группами населения, в том числе, с детьми школьного возраста (через учителей) в сельской местности.

В результате такой работы по Могилевской области с 2014 года накоплена достаточно обширная база наблюдений по колодцам и родникам (более 1800 точек). Примечательно, что основной массив данных был сформирован за период 2016–2018 гг. (около 1300 наблюдений), то есть, за период наблюдений с использованием разработанного веб-гис-приложения (рисунок 5), презентованного в 2016 году для широкого использования учителям школ Могилевской области в рамках II регионального фестиваля «Кристалльные воды Днепра». Данные о нитратном загрязнении отображаются на интерактивной карте, которая находится в свободном доступе.

Для повышения эффективности работы по данному направлению данные интерактивной карты с возможностью анализа, фильтрации, отображения по заданному критерию были продемонстрированы представителям районных санитарно-гигиенических служб (рисунок 6).

Следующим этапом может стать использование этих рекогносцировочных данных для санитарно-гигиенического мониторинга качества питьевой воды. Выявление потенциально опасных концентраций нитратов в питьевой воде колодцев в сельских населенных пунктах и в родниках с одной стороны помогает повысить уровень информированности населения о проблеме, а с другой — может снизить затраты санитарно-гигиенических служб на выявление опасных источников водоснабжения при планировании очередности обследований.

В настоящее время анализ пространственно-распределенной информации становится одним из наиболее востребованных направлений. Умение интерпретировать данные является базовым для современного специалиста, который хочет эффективно реализовывать свою деятельность.

Современный этап развития общества характеризуется уже не столько получением нового знания, накоплением фактических данных и сбором информации, а стремительным нарастанием информационного потока. Это, в первую очередь, определяет необходимость в систематизации, оперативном распределении и интерпретировании уже имеющихся данных.

Подготовка специалистов, которые будут востребованы и эффективны, конкурентоспособных практиков и успешных членов современного общества в целом должна не только включать изучение основ геоинфор-

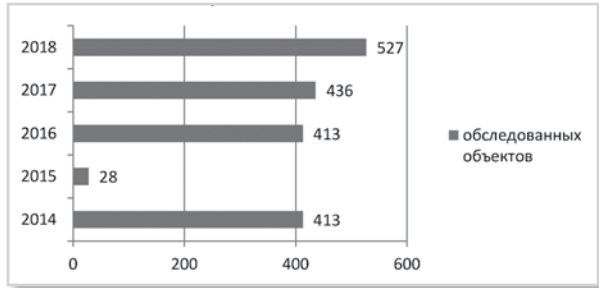


Рисунок 5 — количество обследований за 2014–2018 гг.



Рисунок 6 — фрагмент интерактивной карты «Нитратное загрязнение природных вод»



мационных технологий, но и обеспечивать постепенное, непрерывное наращивание этих знаний. Непрерывность и преемственность в подготовке специалистов, в том числе природоохранного профиля, не должна ограничиваться только профильным высшим образованием. Большинство выпускников школ успешно применяют различные веб-гис-сервисы для решения различных вопросов в повседневной жизни. Поэтому важно подготовить будущих специалистов к применению ГИС-технологий на интуитивном, привычном и понятном уровне для решения профессиональных задач.

Литература

1. Куратова, Т.Б. Рекогносцировочный анализ водосбора малой реки для установления возможных источников загрязнения поверхностных вод / Т.Б. Куратова // Молодая наука-2017. Региональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов вузов Могилевской области: материалы конференции / под. Пед. А. В. Бирюкова. — Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2017. — с. 70-71.
2. Куратова, Т. Б., Тупицына Н. Б. Проблемы использования ГИС в школе при изучении географии / Т. Б. Куратова, Н. Б. Тупицына // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран: сборник научных статей VI международной научно-практической интернет-конференции, 1 февраля — 31 марта 2017 г. / под ред. И. Н. Шарухо, А. Н. Пахоменко. — Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2017. — с. 184-188.
3. Куратова, Т. Б. Реализация внеклассной экологической проектной деятельности с применением ГИС-технологий в школе / Т. Б. Куратова, Н. Б. Тупицына // Магілёўскі мерыдыян. Т. 18. - Вып. 1-2 (41-42). (2018 - № 1-2 (41-42) / с. 105-106.
4. Тупицына, Н.Б. Концептуальная модель ГИС «Развитие агроэкотуризма в Брестской и Гродненской областях» / Н.Б. Тупицына // на примере Брестской и Гродненской областей: монография на рус. и англ. языках = Agroecotourism development in frontier regions at the example of the Brest and Grodno regions: monograph / Н.Б. Тупицына [и др.]; перев. на англ. яз. Е.В. Шадраковой; под общ. ред. И.Н. Шарухо, А.В. Шадракова, Н.Б. Тупицыной; Проект USAID «Местное предпринимательство и экономическое развитие», реализуемый ПРООН. — Минск: Изд. В. Хурсик, Смэлток, 2015. — 247 с.

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Куратова Т.Б.

Учитель биологии государственного учреждения образования «Средняя школа №4 г. Шклова», e-mail: nr19872604@yandex.by

Современное развитие общества характеризуется интенсивным процессом информатизации. Информационное общество — это современный этап развития цивилизации. Он характеризуется ведущей ролью знаний и информации во всех сферах жизнедеятельности общества, определяющим влиянием информационно-коммуникационных технологий на образ жизни людей, их образование и работу, а также на взаимодействие государства и гражданского общества [1].

Информатизация общества обеспечивает единство информационных технологий с научными и производственными технологиями. Это единство технологий обеспечивает развитие всех сфер производства, высокий уровень информационного обслуживания, доступность любого члена общества к источникам информации, визуализацию представляемой информации.

Одним из направлений процесса информатизации является информатизация образования.

Информатизация образования — это процесс обеспечения сферы образования методологией и практикой разработки и оптимального использования новых информационных технологий (далее НИТ), ориентированных на реализацию целей обучения и воспитания [4].

Главной задачей информатизации образования является построение информационного образовательного пространства. Она предполагает реализацию всей мероприятий в рамках информатизации образования.

Процесс информатизации включает в себя не только применение НИТ, но и совершенствование самой системы организации учебного процесса посредством преобразования методов и форм представления информации. Цель информатизации образования — пробуждение у учащихся интереса к получению новых знаний, развитие у них творческой активности [2].

Среди огромного разнообразия НИТ необходимо отметить использование географических информационных систем (далее ГИС). Возможности применения ГИС в учебных целях неограничены, так как их функционал можно подключать как при изучении новых тем, тем обобщения, тематического контроля, так и в исследовательских работах учащихся, что в настоящее время весьма актуально.

Высокий уровень информационной культуры является неотъемлемой характеристикой современного человека. Развитый интеллект, умение



грамотно работать с любой информацией — это одни из основных качеств человека, подготовленного к жизни в современном обществе.

Конечной целью развития информационных технологий является саморазвитие личности. Оно достигается путём повышения мотивации к обучению, использованием современных педагогических технологий и интегрированного подхода.

Ещё более 10 лет назад И.В. Пролеткин [8] высказывался о необходимости знакомства учащихся старших классов с основами геоинформатики и ГИС-технологий.

Методическая база по работе с учащимися учреждений образования пока слабо разработана, не смотря на то, что применение ГИС на уроках географии имеют достаточно широкие возможности. Одной из основных причин является недостаточная компьютеризация школ и весьма ограниченный доступ к образовательным онлайн-ресурсам и интернет-коммуникациям. Подобная проблема характерна не только для Беларуси. Так, если в европейской части России этот процесс налажен относительно хорошо, то периферия страны ещё значительно отстает [3].

Методика организации учебной деятельности с применением ГИС.

Комплекс цифровых образовательных ресурсов позволяет сделать освоение географических знаний в школе более эффективным за счет существенного повышения познавательной активности учащихся в процессе самостоятельной творческой работы под руководством учителя.

Умение читать географическую карту является одним из базовых в школьной географии. Первое, что должен освоить ученик с помощью школьной ГИС — это умение читать географическую информацию по цифровым графическим картам. Чтение бумажной карты, по сути, ограничивается составлением и анализом размещения объектов. Цифровая карта отображает больше информации о представленных в условных знаках объектах. Она содержится в атрибутах или семантике объектов, нанесенных на карту. Для получения дополнительной информации об объекте достаточно подвести к нему курсор и щелкнуть левой кнопкой мыши. Эти характеристики могут быть как качественными (название, краткое описание свойств), так и количественными (числовые параметры, количество жителей и т.п.).

В процессе чтения карт нередко появляется необходимость появляется необходимость найти тот или иной объект. При работе с картами и атласами на это может уйти много времени. В школьной ГИС предусмотрена целая серия инструментов для выполнения быстрого поиска объектов по заданным параметрам (в первую очередь по названию). За исключением проверки знаний геономенклатуры, данный инструментарий экономит много времени.

Карты разного содержания можно совмещать, накладывая друг на друга. Тоже относится и к цифровым космическим снимкам, которые можно совмещать с картами на ту же территорию, что и снимки. Учитель должен уметь управлять слоями и совмещать карты разного содержания, чтобы иллюстрировать объяснение взаимосвязей между географическими объ-

ектами, явлениями и процессами. Ученику необходимо владеть этим приемом для самостоятельного поиска взаимосвязей между географическими объектами, явлениями, процессами.

Умения проводить измерения и расчеты по картам также важны. Не редко учителя уделяют недостаточно внимания практическим заданиям, в ходе которых проводятся измерения и расчеты по картам, перегружая учеников фактическим материалом. Частично это объясняется трудоемкостью выполнения измерений и расчеты по картам (приводят к неэффективному расходованию учебного времени). Школьная ГИС может дать ученику быстроедействующие измерительные инструменты, которые освобождают его от рутины измерений и вычислений; позволяют сосредоточить внимание на определении и анализе их результатов.

Основой школьного географического образования является умение определять по картам географические координаты объектов. Инструментарий школьной ГИС в сочетании с картографическими ресурсами позволяет сформировать и отработать этот навык у школьников.

Построение трехмерной модели местности – особая дидактически ценная функция школьной ГИС. Её использование способствует развитию пространственного мышления учащихся, позволяет показать информацию, размещенную на плоскости, в объемном трехмерном виде (что при работе с традиционными бумажными картами просто невозможно). При наложении на созданную трехмерную модель тематических карт или слоев появляются дополнительные возможности анализа взаимосвязей между географическими объектами и явлениями.

Школьная ГИС позволяет построить собственную цифровую карту на базе карт, входящих в комплект. Встроенный редактор позволяет на базе существующих цифровых карт создать собственную карту (включая контурную). Возможно редактирование и создание условных знаков. Это делает учебный процесс достаточно увлекательным для обучаемых. От практических работ по заполнению контурных карт целесообразно переходить к учебным проектам, в которых создание новой тематической

Анализ статистических данных, привязанных к объектам цифровых карт, позволяет с помощью школьной ГИС познакомить школьников со статистическими методом исследования. При этом ученик работает с актуализированными статистическими данными и имеет возможность их самостоятельного обновления.

Проектная деятельность как способ знакомства с природой родного края.

Одной из важных задач, стоящих перед коллективом школы, является эффективная организация воспитательной работы в субботний день. Одним из направлений в организации учебно-воспитательного процесса является туристско-краеведческая работа, формирование у детей экологического императива [6].

Следует отметить, что в настоящее время в широком кругу населения принято считать, что решать задачи по охране окружающей среды должно руководство города, а не каждый горожанин лично. Поэтому важно научиться оценивать состояние окружающей среды ближайшего природного



окружения — класса, двора, улицы, пришкольного участка, вносить свой посильный вклад в сохранение и улучшение богатств и красоты природы. Для решения подобной задачи в ГУО «Средняя школа № 4 г. Шклова» в рамках проектной деятельности было принято решение об изучении редких и исчезающих животных и растений на территории Шкловского района с целью дальнейшего ознакомления учащихся с ними и закрепления знаний о правилах поведения в природе, посредством реализации проекта «Познаем свой край».

Цель проекта: выявление и изучение растений и животных на территории Шкловского района, занесенных в Красную Книгу Беларуси.

Данный проект реализовывался с апреля по сентябрь 2015 года.

Результатами данного проекта стали: разработка познавательной игры-викторины для учащихся начальной школы о редких и исчезающих видах растений и животных Шкловского района и Красной книги Республики Беларусь; создание буклета «Берегите природу! Некоторые редкие виды растений и животных Шкловского района»; расширение знаний учащихся о растениях и животных Красной книги Республики Беларусь на территории Шкловского района; повышение образовательного уровня учащихся начальной школы посредством активной практической деятельности в природе; воспитание экологической культуры учащихся; проведение беседы и игры с учащимися начальной школы о правилах поведения в природе и знании животных и растений родного края. В апреле 2016 г. была осуществлена экспедиция в городской парк с целью изучения произрастания первоцветов, разработаны и предложены меры их охраны [5].

В рамках проекта были созданы карты: «Веломаршрут». Данная карта создавалась на базе платформы ArcGIS Online. В качестве базовой карты была взята слой OSM (OpenStreetMap). На котором был нанесен линейный маршрут, захватывающий места обитания и произрастания видов животных и растений занесенных в Красную книгу. На базе этой карты было создано веб-приложение «Веломаршрут. Краснокнижники» в качестве шаблона взят Story Map Journal. Шаблон дает возможность представить историю на карте в виде набора мультимедийных страниц с описанием каждого пункта экскурсии и фотографиями. **«Первоцветы».** для создания карты использовалась платформа ArcGIS Online. В качестве базовой карты была взята слой OSM (OpenStreetMap). Для наглядности и удобства работы с картой были созданы 5 слоев примечаний: «Территория района, города», «Здания и сооружения», «Дорожно-тропиночная сеть», «Границы парка», «Ареалы произрастания первоцветов». Для слоев (кроме «Дорожно-тропиночная сеть») в качестве базовой карты была взята слой OSM (OpenStreetMap). Для слоя «Дорожно-тропиночная сеть» базовой картой являлся космический снимок с надписями. На базе этой карты было создано веб-приложение «Характеристика первоцветов городского парка» в качестве шаблона взят Story Map Journal. Шаблон дает возможность представить историю на карте в виде набора мультимедийных страниц с описанием каждого пункта экскурсии и фотографиями.

Данные приложения и карты являются составными частями школьной ГИС «Эколого-проектная деятельность в школе». В состав школьной ГИС

также входит карта «Рекогносцировочная оценка экологического состояния р.Серебрянка» и приложение к данной карте «"Большие проблемы малой реки: изучение факторов, определяющих экологическое состояние р. Серебрянка на основе ГИС-технологий"».

Все приложения и карты находятся в открытом доступе по ссылкам:

«Характеристика первоцветов городского парка Шклова» - <http://arcg.is/0qbbGC> . "Большие проблемы малой реки: изучение факторов, определяющих экологическое состояние р.Серебрянка на основе ГИС-технологий" – <http://arcg.is/1rX8P8>

Школьный экологический мониторинг малой реки Серебрянка Шкловского района. Малая река Серебрянка – правый приток р. Днепр длиной 17 км. Площадь водосбора 89 км². Исток реки трансформирован в мелиоративную канаву в 1 км к юго-востоку от д. Б. Черное. Русло канализировано от истока до д. М. Овчиненки на протяжении 2,6 км. На реке у д. Б. Старый Шклов имеются плотина и пруд. Параллельно руслу реки расположены деревни: Б. Черное, Б. Овчиненки, Земцы, Б. Старый Шклов.

В ходе геоинформационного анализа территории определены «горячие точки» (потенциально возможные источники загрязнения) и места отбора проб для дальнейших полевых исследований (рисунок).

Объект характеризуется высокой степенью сельскохозяйственной освоенности водосбора, в том числе размещением нескольких животно-водческих комплексов. Репрезентативным индикатором неблагополучия территории является превышение предельно допустимой концентрации нитратов в колодезной вод более чем в 2 раза (рисунок). Полевые экс-

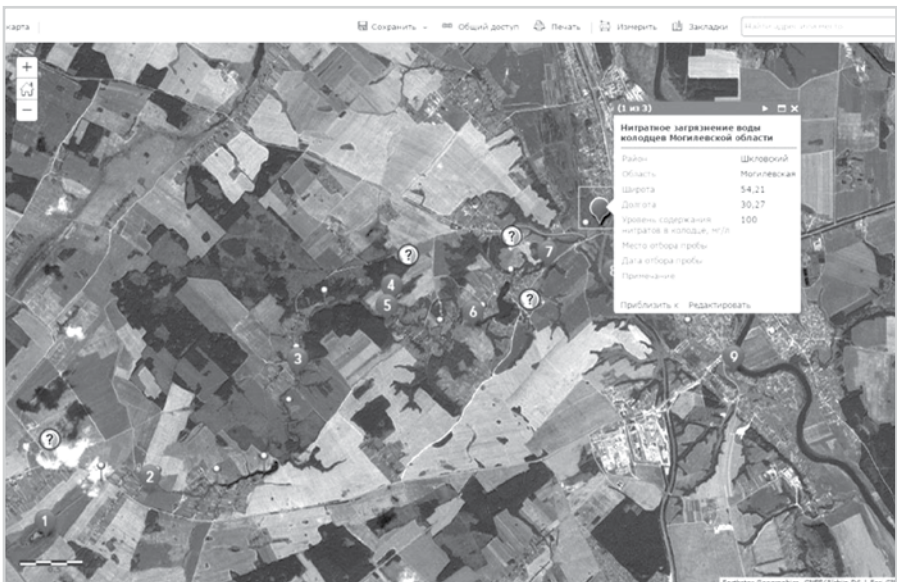


Рисунок – Геоинформационный анализ водосбора р. Серебрянка



педиционные данные (май 2017 г.) были отражены на электронной карте и будут использованы в последующей исследовательской и воспитательной работе экологической направленности с учащимися школы № 4 г. Шклова.

По результатам рекогносцировочной оценки местности были определены места отбора проб (9 точек) и горячие точки (4 точки). К «горячим точкам» были отнесены потенциальные источники загрязнения природных вод, выявленные на этапе предварительного анализа крупномасштабных карт и спутниковых снимков из открытых источников (фермы, животноводческие комплексы, свалки и др.).

Результаты исследования проб показали, что ни одна из проб не превысила ПДК (ПДК 45 мг/дм³). Проба 4 по сравнению с другими значениями значительно выше, что обусловлено периодическим сбросом органических стоков с территории животноводческого комплекса.

Можно отметить несколько повышенное по сравнению с другими (кроме пробы 4) значение содержания нитрат-ионов в пробе 1, отобранной из озера Черное (исток р. Серебрянка). Вероятно, на незначительное повышение содержание нитратов влияет непосредственная близость приусадебных участков с туалетами прямого сброса и огородов, на которые систематически вносятся азотные удобрения. В остальных пробах уровень содержания нитрат-ионов соответствует в среднем данному показателю для поверхностных вод в наших географических условиях.

По результатам работы были разработаны и проанализированы со школьниками памятки об опасности стока биогенов в поверхностные воды (эвтрофикация) и об опасности повышенного содержания нитратов в воде.

«Рекогносцировочная оценка экологического состояния р. Серебрянка» и приложение к данной карте «Большие проблемы малой реки: изучение факторов, определяющих экологическое состояние р. Серебрянка на основе ГИС-технологий». Данные приложения и карты являются составными частями школьной ГИС «Эколого-проектная деятельность в школе» [7].

Как и для предыдущих описанных приложений и карт для создания этой карты использовалась платформа ArcGIS Online. В качестве базовой карты был взят космический снимок с надписями. На ее основе было создано веб-приложение. В качестве шаблона взят Story Map Journal. Он дает возможность представить историю на карте в виде набора мультимедийных страниц с описанием каждого пункта экспедиции и фотографиями.

Заключение.

Развитие любой личности должно идти в ногу со временем и с развитием информационных технологий, без которых невозможно представить современное развитие и обучение.

Несмотря на отсутствие методической базы в школе по изучению ГИС-технологий, образовательное направление в изучении ГИС в школе осуществляется благодаря учителям новой формации или учителям — энтузиастам в рамках исследовательских и проектных работ. Знания, полу-

ченные в результате обучения применимы не только в исследовательских и проектных работах, но и являются в своем роде базой для внедрения ГИС в школу.

Подводя итог, можно сказать, что использование ГИС на уроках географии, биологии и во внеурочной деятельности формируют у учащихся способности к созданию, использованию и анализу геоданных не только в рамках учебной деятельности, но и в повседневной жизни. Это позволяет реализовать свои профессиональные возможности в будущем в различных сферах деятельности.

Список использованной литературы.

1. Главный информационно-аналитический центр министерства образования Республики Беларусь/ Концепция информатизации системы образования РБ на период до 2020г. Утв. Министром образования от 24.06.2013. – 2017г. [Электронный ресурс]. – Точка доступа: <http://www.giac.unibel.by/> – Дата доступа: 07.02.2018г.
2. Зверева, Ю. С. Информатизация образования / Ю.С.Зверева // Молодой ученый. [Информационный ресурс] – 2016. – №6.3. – с.23-26. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/110/27234> . – Дата доступа: 07.02.2018г.
3. Капралов, Е.Г., Кошкарев, А.В., Тикунов, В.С. и др. Основы геоинформатики: В 2 кн. Кн. 2: Учеб. пособие для студ. вузов / под ред. Тикунова В.С. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 496с.
4. Крейдер, О.А. Информационная среда использования ГИС-технологий / О.А. Крейдер. – №4 с. 49-52. – Москва: Геоинформатика, 2005.
5. Куратова, Т. Б. Применение ГИС-технологий для реализации школьных проектов в шестой школьный день / Т.Б. Куратова // Современные технологии в деятельности особо охраняемых природных территорий: геоинформационные системы, дистанционное зондирование Земли: сборник научных статей II международного научно-практического семинара, 11–13 мая 2016 г. / под ред. В.С. Люштыка. – Минск, 2016. – с. 71–72
6. Куратова, Т.Б. Проектная деятельность как способ знакомства с природой родного края в шестой школьный день / Т.Б. Куратова // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств: материалы научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16 марта, 2016 / Гомел. гос. Ун-т им. Ф.Скорины; редкол.: А.И. Павловский [и др.]. – Гомель, 2016. – С. 81-84
7. Куратова, Т.Б. Рекогносцировочный анализ водосбора малой реки для установления возможных источников загрязнения поверхностных вод / Т.Б. Куратова // Молодая наука-2017. Региональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов вузов Могилевской области: материалы конференции / под. Пед. А. В. Бирюкова. – Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2017. – с. 70–71
Дата доступа: 06.02.2018г.
8. Трубина, Л.К., Быкова, О.Г. Геоинформационные системы. Методические указания: учебное пособие. / Л.К. Трубина, О.Г. Быкова; под. ред В.В. Малина. – Новосибирск: ЦИТ СГГА, 2003. – 46 с.



МНОГОЛЕТНИЕ РЯДЫ ДАННЫХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МИГРАЦИИ В ГИС

***Рыжков О.В., Рыжкова Г.А., Золотухин Н.И.,
Золотухина И.Б., Филатова Т.Д.***

*Центрально-Черноземный государственный природный биосферный
заповедник имени профессора В.В. Алехина, п. Заповедный, Россия,
e-mail: alekhin@zapoved-kursk.ru*

Постоянное слежение за изменениями различных параметров биогеоценозов особо охраняемых природных территорий является одним из важнейших направлений их научной деятельности.

Биосферные природные заповедники России, к которым относится и Центрально-Черноземный заповедник (ЦЧЗ), обладают ценными научными базами данных, ежегодно пополняемыми в течение многих десятилетий в процессе мониторинга за биотическими и абиотическими компонентами природных экосистем. К многолетним рядам данных относятся непрерывные периодические наблюдения определенного параметра экосистем в течение 10 и более лет. Периодом наблюдений может быть любая единица времени, как правило, месяц или год (примером более частого сбора данных через каждые 3 часа могут служить восьмисрочные метеорологические наблюдения). В ЦЧЗ создана серия компьютерных баз данных, содержащих информацию о многолетней динамике различных компонентов его биоты, часть из которых, касающаяся растительных компонентов экосистем, представлена в таблице.

Как видно из таблицы, длительность сбора данных в заповеднике составляет 50 и более лет. Вполне очевидно, что в 60–70-е годы прошлого столетия в Советском Союзе не существовало понятия «ГИС». Как правило, осуществлялся сбор исключительно атрибутивной информации, географическая компонента или привязка к местности в ЦЧЗ также носили описательный характер вследствие отсутствия приборов спутниковой навигации.

Попытка выполнения комплексного анализа многолетних рядов наблюдений была предпринята в начале текущего столетия, а его результаты были обобщены и опубликованы в 16 выпуске научных трудов заповедника в 2000 г. [1]. Эта работа направлена на выявление устойчивых закономерностей динамики биотических компонентов природных комплексов ЦЧЗ под влиянием различных факторов среды, установление степени зависимости их друг от друга, оценку текущего состояния и обусловленность абиотическими факторами, разработку прогноза изменения заповедных экосистем в ходе сукцессий. Впервые специалистами разного профиля на основе специфических методов математической статистики обработаны

Таблица – Основные многолетние ряды данных ЦЧЗ по флоре и растительности

Название базы данных	Автор	Основные компоненты базы данных	Период, годы
Многолетняя динамика флоры ЦЧЗ	Н.И. Золотухин И.Б. Золотухина	1. Видовой состав сосудистых растений. 2. Численность особей и высоты побегов редких видов растений. 3. Ежегодное число гербарных листов сосудистых растений, родовой кадастр поступлений	1935–2017 1994–2017 1992–2017
Многолетняя динамика структуры растительности Стрелецкой степи	В.Д. Собакинских Г.А. Рыжкова Н.И. Золотухин И.Б. Золотухина	1. Надземная фитомасса 2. Видовая насыщенность сосудистых растений в степи на 100 кв. м.	1970–2017 1967–2017
Сезонная и многолетняя динамика опад древесно-кустарникового яруса на Стрелецком участке	Г.А. Рыжкова	1. Масса валового опада деревьев и кустарников.	1962–2017
Многолетняя динамика повреждения крон дуба листогрызущими насекомыми	Г.А. Рыжкова	1. Степень повреждения крон.	1970–2017
Многолетняя динамика плодоношения деревьев и кустарников	Г.А. Рыжкова	1. Масса плодов.	1985–2017
Многолетняя динамика отпада стволов дуба черешчатого и других древесных пород	О.В. Рыжков	1. Численность и основные таксационные показатели живых деревьев, сухостоя и валежа дуба. 2. Численность и основные таксационные показатели деревьев дуба, изменивших состояние (живые → сухие; живые → валёж; сухие → валёж). 3. Численность и основные таксационные показатели живых деревьев, сухостоя и валежа древесных пород.	1970–2017 1970–2017 2003–2017
Многолетняя динамика фенологических и морфологических характеристик травянистых растений Стрелецкой степи и дубравы	Т.Д. Филатова	1. Фенология травянистых и древесно-кустарниковых видов (даты наступления фаз развития). 2. Вторичное цветение. 3. Высоты генеративных побегов 4. Количество генеративных побегов. 5. Геоботанические описания на залежах (число, состав и обилие видов)	1961–2017 2001–2017 1961–2017 1973–2017 2001–2017



и проанализированы многолетние ряды данных, собранные в ЦЧЗ за последние 50 лет (изучение параметров временных рядов выполнено с помощью специализированного пакета МЕЗОЗАВР 1.1 и некоммерческой программы Time Series Analysis (автор Довгалоук, 1994)).

В это же время заповедником был реализован проект «Столетняя динамика климата и биоты Центральной лесостепи (на примере Центрально-Черноземного заповедника и прилегающих территорий)» (грант WWF2688/RU0078.01/GLO «Russian Climate Change Strategy/Officer Project», 2000–2001 г.), результаты которого были опубликованы в сборнике «Влияние изменения климата на экосистемы» (2001) [2].

Наличие многолетних рядов наблюдений за климатом и биотой заповедника позволило выявить основные тенденции изменения биотических компонентов биогеоценозов под влиянием климата за последние 100 лет (до 1999 г.) [7]. Начало XXI века характеризуется заметными изменениями климата, влияние которых на растительный и животный мир ЦЧЗ проанализировано за период с 2000 по 2013 гг., а результаты исследований опубликованы в 2017 г. [5, 6].

Важное место в изучении природных экосистем заповедника принадлежит картографическим исследованиям, результаты которых можно использовать в современных ГИС. В период с 2002 по 2006 гг. в заповеднике формировался архив электронных карт, созданных за период его существования. Результаты этой работы представлены в 19-м выпуске научных трудов [3], который является в своем роде уникальным изданием. Впервые за историю существования заповедника проанализированы, обработаны и систематизированы картографические материалы, созданные на основе многочисленных исследований его природных комплексов. На основе периодического картирования растительного покрова и его компонентов изучается их многолетняя динамика.

Наиболее показательным является трехкратное картографирование Казацкого участка ЦЧЗ под руководством Ю.Н. Нешатаева в 1968, 1979 и 1993 гг. с построением серии геоботанических карт в масштабе 1:5000. Полученные после их векторизации полигональные контуры растительных ассоциаций полностью пригодны для использования в ГИС. Кроме того, аналитические средства ГИС позволяют рассчитывать изменение площадей каждой ассоциации в динамике.

При проведении флористических исследований во второй половине XX века фиксация обнаружений сосудистых растений носила описательный характер. Тем не менее, на основе географической информации, хранящейся в полевых записях (участок, квартал, выдел, склон определённой экспозиции, опушка леса и пр.) возможно построение точечных карт приблизительных мест обнаружения растений того или иного вида. С появлением в заповеднике приборов спутникового позиционирования стала возможной автоматическая фиксация мест произрастания, в частности, редких (рябчик русский – Красная книга РФ, лилия кудреватая – Красная книга Курской области) или типичных (дуб черешчатый) видов сосудистых растений. При этом обычно создаются или точечные объекты, которые позволяют анализировать рас-

пространение вида по территории, или полигональные при изучении его проективного покрытия.

В отличие от флористических исследований, которые осуществляются маршрутными методами, при изучении продуктивности степной растительности используются геоботанические пробные площади (ПП), жёстко привязанные к местности. Проведение режимного мероприятия в виде сенокосения с использованием техники диктует необходимость применения специальных средств фиксации границ ПП. Здесь вместо граничных столбов, используемых на лесных стационарах, задействованы силикатные кирпичи с окрашенной верхней гранью, которые вкопаны вровень с поверхностью почвы. Их координаты фиксируются высокоточным ГНСС-приёмником геодезического класса для быстрого поиска пробной площади. В настоящее время в ГИС создан полигональный слой аровых геоботанических ПП и точечных пикетов их границ.

Регулярные фенологические наблюдения проводятся на Стрелецком участке ЦЧЗ в лесу и косимой степи с 1961 г. на постоянных феномаршрутах, представленными в ГИС обычными полилиниями. По нашему мнению, обработка фенологических данных, основанных на регулярном сборе дат наступления определённых фенофаз, должна осуществляться в среде специализированных статистических пакетов, предназначенных для анализа временных рядов. Инструментарий ГИС, в частности MapInfo для этого мало пригоден. В ArcGIS имеются более широкие возможности анализа временных переменных.

В разных лесных урочищах ЦЧЗ заложено более 20 лесных постоянных пробных площадей, на которых проводятся периодические таксационные и картографические работы. В «догисовский» период, когда не было современных программных и аппаратных средств, картирование древостоев, подроста, подлеска и травяного покрова на ЛППП осуществлялось на миллиметровой бумаге с разбивкой пикетажной сети на местности.

Изображения на миллиметровой бумаге сканировались, их фрагменты соединялись в единые растровые изображения. Далее было бы методически корректным зарегистрировать полученные растры непосредственно в ГИС и выполнить векторизацию уже непосредственно с привязкой к местности. Однако, на период проведения картографических работ и формирования электронного архива карт в заповеднике отсутствовала десктопная ГИС. Поэтому для оцифровки была выбрана программа AutoCAD. Векторизация объектов осуществлялась ручным способом («по экрану») в декартовой системе координат. В результате были получены слои проекций оснований стволов и крон деревьев каждой древесной породы, что позволило оценить их количественные пропорции путём автоматического расчёта площадей.

С появлением в заповеднике ГИС MapInfo возникла необходимость привязки сформированных в AutoCAD векторных слоёв проекций крон древостоев и оснований стволов деревьев, а также проективных покрытий подлеска и подроста на ЛППП. Стандартным инструментом MapInfo допускается регистрация векторных слоёв только по трём опорным точкам, чего явно недостаточно для точной трансформации. Нами использован



отдельно поставляемый модуль MiTransformer, который позволяет на основе аффинных или проективных преобразований выполнять регистрацию векторных объектов сразу нескольких таблиц по неограниченному числу опорных точек, что позволяет добиться высокого качества привязки к местности.

Для автоматического создания векторного слоя площадей сечений стволов древостоев на ЛППП использовалась функция генерации окружности по центру и диаметру в модуле MapCAD, причём значения последнего извлекались из числового поля таблицы (базы данных) [4]. Центры стволов формировались поверх растрового изображения созданием символа вручную в каждом круге.

При трансформации векторных объектов в ГИС из проекции ПЛАН-СХЕМА (декартовой системы координат) в одну из картографических проекций ГИС возможно появление артефактов – наличие в результирующих объектах лишних деталей или шумов (в частности, искажения плавности границ), отсутствующих в исходных объектах. Сечения стволов легко корректируются путём построения центроидов и генерации на их основе окружностей по заданным диаметрам. Для корректного преобразования проекций крон необходимо предварительно выполнить процедуру генерализации (разреживания) узлов, используя соответствующий функционал ГИС (MapInfo или ArcGIS).

В ГИС перенесены координаты опадоулавливателей (по 10 шт. на каждой ЛППП), используемые при учетах древесного опада, который непрерывно ведется сотрудниками лаборатории лесоведения ЦЧЗ более 50 лет. При изучении дефолиации крон и урожайности дуба черешчатого, проводимом ежегодно методом сплошного подеревного учета, объектами ГИС являются пронумерованные основания стволов деревьев.

Сбор многолетних данных кардинально изменился с начала текущего столетия, что связано с появлением в ЦЧЗ персональных навигаторов, которые позволяли сохранять географические координаты путевых точек и треков. В последующем графика (точечные и линейные объекты) экспортировалась в ГИС при помощи специализированного программного обеспечения и там окончательно обрабатывалась. Сбор атрибутики осуществлялся параллельно в один из табличных редакторов. Так, на основе GPS-съемки осуществлено повторное картографирование популяций лещины обыкновенной и березы повислой на Стрелецком участке ЦЧЗ в 2008–2011 гг.

Начиная с 2016 г. в работе научного отдела заповедника стало использоваться высокоточное ГНСС-оборудование геодезического класса и беспилотный летательный аппарат, приобретенные за счет средств проекта ПРООН/ГЭФ/ Минприроды России № 00072294 «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России», которые были использованы для исследования процессов зарастания деревьями и кустарниками целинных некосимых участков, в частности второго некосимого участка Стрелецкой степи [8]. Полученные результаты заложили детальную основу для дальнейшего периодического мониторинга за распространением древесных растений в степи.

Литература

1. Анализ многолетних данных мониторинга природных экосистем Центрально-Черноземного заповедника // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника. Вып. 16. Тула, 2000. 197 с.
2. Влияние изменения климата на экосистемы. *Climate change impact on ecosystems*. М.: Русский университет, 2001. 184 с.
3. Картографические исследования в Центрально-Черноземном заповеднике: Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника. Вып. 19 / Ответственный редактор О.В. Рыжков. Курск, 2006.
4. Рыжков О.В. Развитие геоинформационной системы Центрально-Черноземного заповедника // ИнтерКарто/ИнтерГИС-19: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Матер. Междунар. конф., Курск, Богота (Колумбия), 2-7 февраля 2013 г. Курск, 2013. С. 220–239.
5. Рыжков О.В., Власов А.А., Рыжкова Г.А., Филатова Т.Д., Золотухин Н.И., Золотухина И.Б., Непочатых Л.В., Власова О.П., Власов Е.А. Многолетняя динамика климата и биоты Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника // Вопросы географии. Сб. 143. Географические основы заповедного дела (к 100-летию заповедной системы России) / Редкол.: В.М. Котляков, А.А. Чибилёв, А.А. Тишков. М.: Изд. дом «Кодекс», 2017. С. 267–285.
6. Рыжков О.В., Власов А.А., Рыжкова Г.А., Филатова Т.Д., Золотухин Н.И., Золотухина И.Б., Непочатых Л.В., Власова О.П., Власов Е.А. Новые сведения по многолетней динамике климата и биоты Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника (2000–2013 годы) // Тр. Мордовского гос. природ. заповедника им. П.Г. Смидовича / Редкол.: Е.В. Варгот (отв. ред.), А.Б. Ручин, А.А. Хапугин. Саранск – Пушта, 2017. Вып. 18. С. 17–32.
7. Рыжков О.В., Пузаченко А.Ю., Власов А.А., Золотухин Н.И., Корольков А.К., Филатова Т.Д. Столетняя динамика климата и биоты Центральной лесостепи (на примере Центрально-Черноземного заповедника и прилегающих территорий) // Влияние изменения климата на экосистемы. *Climate change impact on ecosystems*. М.: Русский университет, 2001. С. II – 69–81. Ryzhkov O.V., Puzachenko A.Yu., Vlasov A.A., Zolotukhin N.I., Korolkov A.K., Filatova T.D. Centenary dynamics of climate and biota of the central forest-steppe (on the example of Central-Chernozem Nature Reserve and adjoining territories). Р. III – 28.
8. Рыжков О.В., Рыжкова Г.А., Рыжков Д.О. Методика ГИС-картографирования древесной растительности с использованием современных аппаратных и программных средств // Современные технологии в деятельности особо охраняемых природных территорий: геоинформационные системы, дистанционное зондирование земли: сборник научных статей – Минск. 2017. С. 63–72.



ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»

Хохряков В.Р.¹, Левин А.В.², Пчелкин И.С.², Фроленков Р.Н.²

¹Национальный парк «Смоленское Поозерье»

²Смоленский государственный университет, г. Смоленск

E-mail: hohryakovraf@yandex.ru; leviali@yandex.ru;

pchelkinivan@mail.ru; Frolenkov_60@mail.ru

Национальный парк «Смоленское Поозерье» образован на территории Демидовского и Духовщинского районов Смоленской области в 1992 г. Создание парка преследовало цели сохранения уникальных широколиственно-тёмнохвойных лесов, флоры и фауны региона, обеспечения использования возобновляемых природных ресурсов в природоохранных и рекреационных целях.

Территория национального парка — в значительной степени староосвоенный регион. Первое упоминание о самом крупном населенном пункте Поозерья поселке Пржевальское (до 1964 г. Слобода) относится к 1724 году. Изначально водоснабжение данной территории осуществлялось из поверхностных водных источников, ключей и родников, частично колодцев. Такая ситуация существовала до середины XX века. С развитием хозяйства основными источниками водоснабжения стали подземные воды. В конце 1970-х гг. в поселке Пржевальское был создан санаторий, и для бальнеологических нужд были пробурены две скважины на минеральные воды и рассолы.

Всего на территории национального парка в различные периоды было пробурено более 80 скважин. В 1987 году действующими являлись более 50 водозаборов, к 2014 году — осталось менее 20. Большинство скважин к настоящему времени выработали свой амортизационный срок, возраст всех скважин превышает 25 лет.

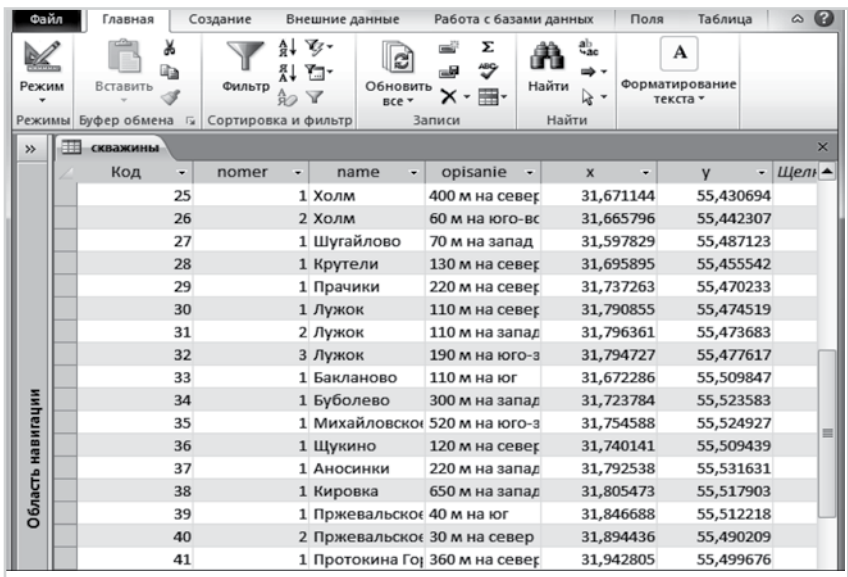
В настоящее время основной тенденцией в развитии системы водоснабжения территории национального парка стало широкое распространение источников децентрализованного водоснабжения таких как индивидуальные скважины, частные колодцы и колодцы общественного пользования.

С 1999 года территориальным центром мониторинга геологической среды и водных объектов ТЦ «Геомониторинг-Смоленск» проводились первичные полевые работы по созданию геоинформационной системы водоснабжения в национальном парке «Смоленское Поозерье», в настоящее время такие работы продолжают сотрудники национального парка и волонтерами. В 2017 году в ходе полевой геоэкологической практики студентами ЕГФ СмолГУ было обследовано около 150 колодцев.

Нами также проведена геоинформационная систематизация имеющихся данных о системе поверхностного водоснабжения территории национального парка. Охарактеризована система водоснабжения территории в 1987 году (пик развития советского централизованного водоснабжения), в 1999 году (последнее обследование водоснабжения изучаемой территории на федеральном уровне) и 2017-2018 году (современное состояние систем водоснабжения). Созданы три базы данных в формате Microsoft Access в которые были внесены сведения об исследованных поверхностных источниках водоснабжения.

База данных о водоснабжении на 1987 год, представляет собой электронную таблицу, в которую внесены данные о самой скважине, населенном пункте, к которому относится скважина, а также условная привязка местоположения скважины, дата обследования скважины, собственник скважины, габариты, общее техническое состояние, глубина, регулярность водоснабжения, объем водоснабжения, цели водоснабжения, водопотребители, экологическое состояние, цвет, мутность, запах, вкус, осадок, температура, химический анализ вод, рекомендации, абсолютная высота, направление уклона, год ввода в эксплуатацию, год консервации, год ликвидации, год повреждения, год реставрации, координаты скважины в формате десятичных координат (рис. 1).

База данных водоснабжения по состоянию на 1999 год включает в себя следующую информацию: номер скважины, населенный пункт к которому привязана скважина, ее возраст и координаты, а также ее техническое и эксплуатационное состояние (рис. 2).



Код	номер	name	описание	x	y	Шел
25	1	Холм	400 м на север	31,671144	55,430694	
26	2	Холм	60 м на юго-вс	31,665796	55,442307	
27	1	Шугайлово	70 м на запад	31,597829	55,487123	
28	1	Крутели	130 м на север	31,695895	55,455542	
29	1	Прачки	220 м на север	31,737263	55,470233	
30	1	Лужок	110 м на север	31,790855	55,474519	
31	2	Лужок	110 м на запад	31,796361	55,473683	
32	3	Лужок	190 м на юго-з	31,794727	55,477617	
33	1	Бакланово	110 м на юг	31,672286	55,509847	
34	1	Буболево	300 м на запад	31,723784	55,523583	
35	1	Михайловское	520 м на юго-з	31,754588	55,524927	
36	1	Щукино	120 м на север	31,740141	55,509439	
37	1	Аносинки	220 м на запад	31,792538	55,531631	
38	1	Кировка	650 м на запад	31,805473	55,517903	
39	1	Пржевальское	40 м на юг	31,846688	55,512218	
40	2	Пржевальское	30 м на север	31,894436	55,490209	
41	1	Протокина Гор	360 м на север	31,942805	55,499676	

Рис. 1. Таблица базы данных водоснабжения 1987 года

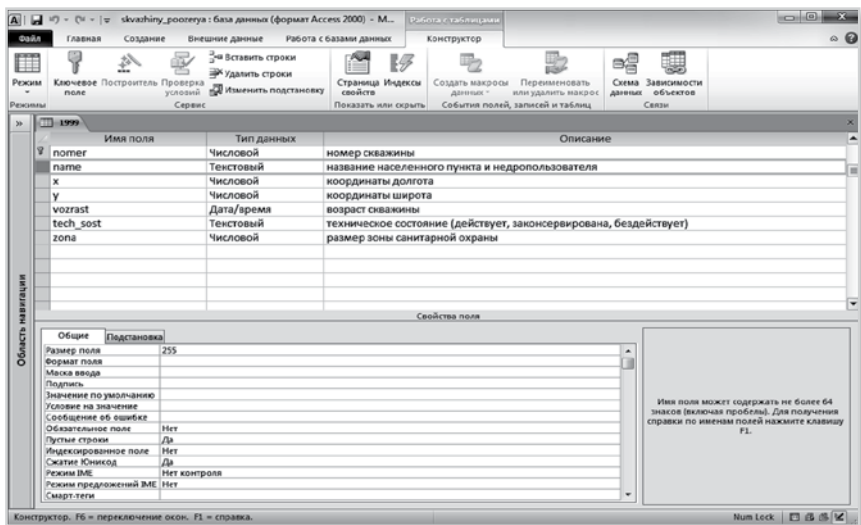


Рис. 2. Структура таблицы базы данных водоснабжения 1999 года

База данных современного состояния водоснабжения включает в себя следующую информацию: номер скважины, населенный пункт к которому привязана скважина, ее возраст и координаты, а также ее современное состояние, размеры зон санитарной охраны (рис. 3).

При создании базы данных о водоснабжении 1987 года были вручную оцифрованы топографические карты съемки 1987 года и получены координатные привязки скважин действующих на тот период времени.

В основу создания базы данных о состоянии водоснабжения на 1999 год были положены данные ТЦ «Геомониторинг-Смоленск» [1], а также данные дешифрирования космических снимков.

При создании базы данных современного состояния были использованы ретроспективные данные, данные полевых исследований сотрудников национального парка «Смоленское Поозерье» и данные дешифрирования современных космических снимков.

Создав базы данных, мы визуализировали их при помощи картографического редактора MapInfo и программного модуля «РЕКОД-Инфраструктура» и получили карту, названную: «Система водоснабжения национального парка «Смоленское Поозерье» (рис. 4).

Также, при нажатии на интерактивный объект водоснабжения, на визуализированной нами базе данных, появляется основная информация об этом объекте (рис. 5).

Для обеспечения экологической безопасности недр и качественного водоснабжения необходимо выполнять требования СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения». Опираясь на этот документ, были созданы слои, в которых отображены зоны санитарной охраны.

J23								181 м
1	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Код	Номер	Название деревни	Источник водоснабжения	Дата обследования	Местоположение	Система координат	Общее техническое состояние
2	1	1	Боровики	Смешанный	14.07.2017	д. Боровики, ул. Пядесятинная		Удовлетворительное
3	2	2	Боровики	Смешанный	14.07.2017	д. Боровики, ул. Пядесятинная		Неудовлетворительное
4	3	3	Боровики	Смешанный	14.07.2017	д. Боровики, тер-р десятичная		Удовлетворительное
5	4	4	Боровики	Смешанный	14.07.2017	к северу от д. Борс десятичная		Удовлетворительное
6	5	5	Боровики	Смешанный	14.07.2017	д. Боровики, пр-т десятичная		Удовлетворительное
7	6	1	Крутели	Смешанный	14.07.2017	д. Крутели, ул. Пядесятинная		Удовлетворительное
8	7	2	Крутели	Смешанный	14.07.2017	д. Крутели, заброш десятичная		Неудовлетворительное
9	8	3	Крутели	Смешанный	14.07.2017	д. Крутели, ул. При десятичная		Удовлетворительное
10	9	1	Маклаково	Смешанный	14.07.2017	д. Маклаково, ул. десятичная		Удовлетворительное
11	10	2	Маклаково	Смешанный	14.07.2017	д. Маклаково, ул. десятичная		Удовлетворительное
12	11	3	Маклаково	Смешанный	14.07.2017	на север от д. Мак десятичная		Удовлетворительное
13	12	1	Праники	Смешанный	14.07.2017	д. Праники, ул. С десятичная		Удовлетворительное
14	13	2	Праники	Смешанный	14.07.2017	д. Праники, ул. С десятичная		Удовлетворительное
15	14	1	Холм	Смешанный	15.07.2017	д. Холм, ул. Берег десятичная		Удовлетворительное
16	15	2	Холм	Смешанный	15.07.2017	д. Холм, ул. Город десятичная		Удовлетворительное
17	16	3	Холм	Смешанный	15.07.2017	д. Холм ул. Сонов десятичная		Удовлетворительное
18	17	4	Холм	Смешанный	15.07.2017	д. Холм, ул. Набер десятичная		Удовлетворительное

Рис. 3. Таблица базы данных водоснабжения 2017-2018 года

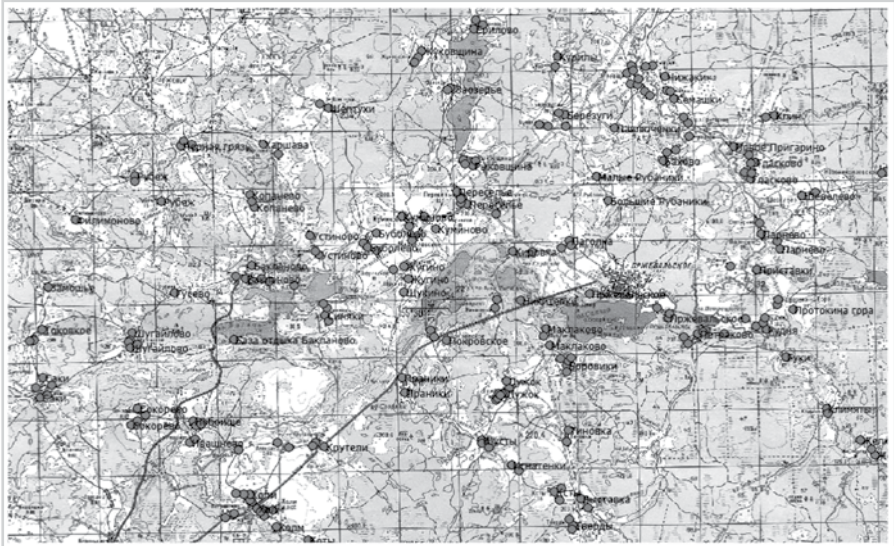


Рис. 4. Визуализация баз данных

Один слой отображал первую зону санитарной охраны – зону строгого режима. Первый пояс ЗСО (пояс строго режима) включает территорию расположения водозаборной скважины и площадок водопроводных сооружений и организуется в целях предупреждения возможного случайного или умышленного загрязнения подземных вод непосредственно в месте нахождения скважины. При добыче защищённых подземных вод пояс строгого режима устанавливается на расстоянии не менее 30 м от скважины во всех направлениях.

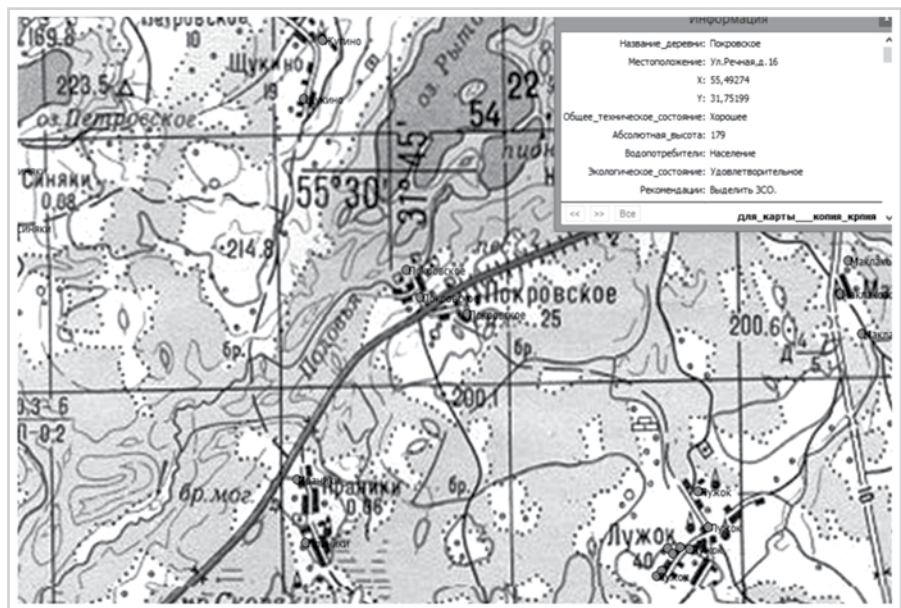


Рис. 5. Визуализация баз данных

Для действующих скважин в современный период мы можем рассчитать второй пояс санитарной охраны. Второй и третий пояса ЗСО (пояса ограничений) включают территорию, предназначенную для предупреждения возможного загрязнения подземных вод целевого (эксплуатируемого) водоносного горизонта от микробного и химического загрязнения.

Область захвата потенциального загрязнения представляет собой окружность с центром в скважине, радиус которой определяется зависимостью [3]:

$$R_m(R_x) = \sqrt{\frac{Q \cdot T_m(T_x)}{\pi \cdot m \cdot n}}$$

где R_m – радиус второго пояса ЗСО, м;

R_x – радиус третьего пояса ЗСО, м;

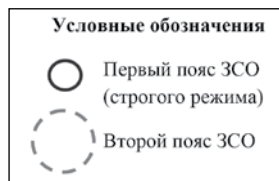
Q – дебит водозаборной скважины;

m – средняя мощность целевого водоносного горизонта;

n – активная трещиноватость (пористость) водовмещающих доломитов.

Применив данную формулу, был рассчитан второй и третий пояс санитарной охраны действующих скважин. Фрагмент карты зоны санитарной охраны скважин национального парка «Смоленское Поозерье».

Для обеспечения экологической безопасности территории, и в частности безопасности водоносных горизонтов следует с особой тщательностью



отнестись к вопросу соблюдения нормативов СанПин по установке и содержанию в надлежащем виде зоны строгого режима для всех как действующих, так и бездействующих скважин.

Для оценки перспектив развития системы водоснабжения национального парка необходимо проведение исследований экономической эффективности того или иного вида водоснабжения для каждого конкретного населенного пункта и определение возможностей организации источников альтернативного централизованного водоснабжения. Одной из перспектив развития системы водоснабжения национального парка «Смоленское Поозерье» может быть создание и обновление источников централизованного водоснабжения на территориях с большой плотностью населения и высокой степенью туристической привлекательности, а также организация системы децентрализованного водоснабжения на территориях с незначительным населением и небольшим количеством туристов.

Библиографический список

1. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Смоленской области за 1999 год. - Смоленск: ТЦ «Геомониторинг-Смоленск», 2000. - 114 с.
2. СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения». - М., Минздрав России, 2002. - 24 с.
3. Специальное программное обеспечение. «РЕКОД-Инфраструктура» 2.6.10. Руководство пользователя. - Москва, 2012. - 167 с.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВДЕНИИ ЛЕТОПИСИ ПРИРОДЫ И ЕЕ ИТОГИ ЗА 2017 ГОД

Хохряков В.Р., Шалаева К.В.

ФГБУ «Национальный парк «Смоленское Поозерье»

Основным направлением деятельности отдела инвентаризации и мониторинга природных комплексов ФГБУ «Национальный парк «Смоленское Поозерье» является мониторинг биотических и абиотических факторов природной среды. В таблицах 1 и 2 представлены все виды наблюдений число лет наблюдений, количество наблюдений.

Обработанные полевые данные служат базой для написания Летописи природы и являются источником фенологических показателей, которые

Таблица 1 – Сводная таблица параметров по всем видам мониторинга абиотических факторов

Вид мониторинга	Кол-во стационаров/кол-во маршрутов	Кол-во наблюдаемых видов/явлений/параметров	Число лет наблюдений 2018 год включительно	Примечание (прерывность наблюдений, использование современных средств и геопространственной привязки данных и др.)
Метеорологический	1	13	7	автоматическая станция метеонаблюдений,
Метеорологический (снегомерная съемка)	2	5	9	Привязка имеется
Гидрологический	5	3	20	Привязка имеется
Гидрохимический	15 озёр	30	22	Хохряков В.Р., Смоленское отделение Росгидромета
Почвенный	2	9	8	ИГК и Э, Привязка имеется
Качества воздуха	1	10	10	1 раз в 2 года, проводится Институтом глобального климата (ИГК).
Радиологический	2	163	7	наблюдения за радиационной обстановкой в лесном фонде на стационарных участках по Филиалу ФГУ «Рослесозащита» - «Центр защиты леса Смоленской области»

Таблица 2 – Сводная таблица параметров по всем видам мониторинга биоты на ООПТ

Вид мониторинга	Кол-во стационаров/ кол-во маршрутов	Кол-во наблюдаемых видов/ явлений/ параметров	Дата начала регулярных наблюдений	Примечание (авторы исследований, прерывность наблюдений и др.)
Фенологический: - водоемы - растения - животные - и др.	5 1 26	8 7 26	2001 2013 1994	Хохряков В.Р. Шалаева К.В.
Урожайность -ягодников	5	10	2006-2008, 2011	
Мониторинг популяций редких видов			2006	Виляева Н.А.
Ихтиологический	35	5	01.09.1994 г.	Хохряков В.Р.
Орнитологический	4/30	232	01.04.2002 г.	Сиденко М.В.
Зимний маршрутный учет (ЗМУ)	20	14 видов животных, 5 видов птиц, 5 явлений, 8 параметров	январь, 1998 г.	Обработка производится с использованием специализированного ПО
Постоянные маршрутные учёты (ПМУ)	25	18 видов животных, 28 видов птиц, по 4 параметрам каждый вид	август, 2007 г.	ведётся наблюдение за растениями, грибами, насекомыми, земноводными, пресмыкающимися
Учёт норки и выдры	25	2 вида	1994-2003 гг., 2005-2013 гг. (октябрь-декабрь)	название вида, отметка на маршруте мест обитания и число особей. Привязка имеется
Учёт бобра по поселениям	24	1 вид	1996-2003 гг., 2005-2013 гг. (октябрь-декабрь)	отметка хаток, нор и плотин на карте; число особей. Привязка имеется

Вид мониторинга	Кол-во стационаров/ кол-во маршрутов	Кол-во наблюдаемых видов/ явлений/ параметров	Дата начала регулярных наблюдений	Примечание (авторы исследований, прерывность наблюдений и др.)
Учёт медведя и барсука	24	2 вида	май, 2006 г.	отметка о месте встречи следов медведя, ширина следа передней лапы; жилое поселение барсука, ориентировочная численность особей в поселении. Привязка имеется
Ведение дневника наблюдателя (руководство по слежению за состоянием природной среды территории национального парка)	29	35 видов наблюдений	с 2006 года	наблюдения за фенологическими явлениями в природе, за поведением и состоянием диких животных и другое

позволяют различать и тщательно описать экосистемы национального парка. Летопись национального парка «Смоленское Поозерье» ведётся с 2006 года и состоит из 11 разделов:

Раздел 1. Территория национального парка. Землеустройство.

Раздел 2. Пробные и учётные площади, ключевые участки, постоянные (временные) маршруты.

Раздел 3. Воздух

Раздел 4. Почвы

Раздел 5. Погода.

Раздел 6. Вода

Раздел 7. Флора и растительность.

Раздел 8. Фауна и животное население.

Раздел 9. Состояние заповедного режима. Влияние антропогенных факторов на природу национального парка и охранной зоны.

Раздел 10. Фенологические наблюдения.

Раздел 11. Инвентаризационные работы по выявлению и изучению историко-культурного наследия, мониторинг их состояния

Летопись природы составляется на основе первичных наблюдений, в сборе которых принимают участие не только научные сотрудники, но и инспектора по охране территории, лесники и другие специалисты национального парка, а также сотрудники других научно-исследовательских уч-

реждений, аспиранты, студенты, школьники, работающие на территории Поозерья. При сборе данных большая часть сотрудников и сторонних исполнителей используют средства геопространственной привязки.

Раздел 1. Территория национального парка. Землеустройство.

1.1. Общие сведения 1.2. Функциональное зонирование территории - выполнены с использованием ГИС, созданы картографические материалы, вся информация размещена на геопортале национального парка.

Общая площадь национального парка «Смоленское Поозерье» составляет 146 237 га., общая площадь земель ООПТ составляет 114 444 га.

Раздел 2. Пробные и учётные площади, ключевые участки, постоянные (временные) маршруты.

Раздел содержит информацию по всем учётным площадкам, ключевым участкам, постоянным (временным) маршрутам, на которых проводятся исследования. Все площадки геопространственно привязаны, в средствах ГИС созданы картографические материалы. Описание всех участков по наблюдениям за всеми видами птиц и проводимых учётов (рис. 1).

На рисунке 2 отмечены площадки наземных геоботанических обследований проводимых ЦЕПЛ РАН в 2016–2017 года.

Раздел 4 . Почвы

Традиционно с 2012 года эколого-геохимическую оценку компонентов среды водосборных территории национального парка проводятся Санкт-Петербургским государственным университетом (рис.3). За этот период накоплен обширный материал, позволяющий оценить степень воздействия разнообразных факторов как антропогенного, так и естественного характера на почвы национального парка. Так же отслежено влияние водосборной территории на состояние озер и их ихтиофауны. Все исследования проводятся с использованием современных методов геохимической

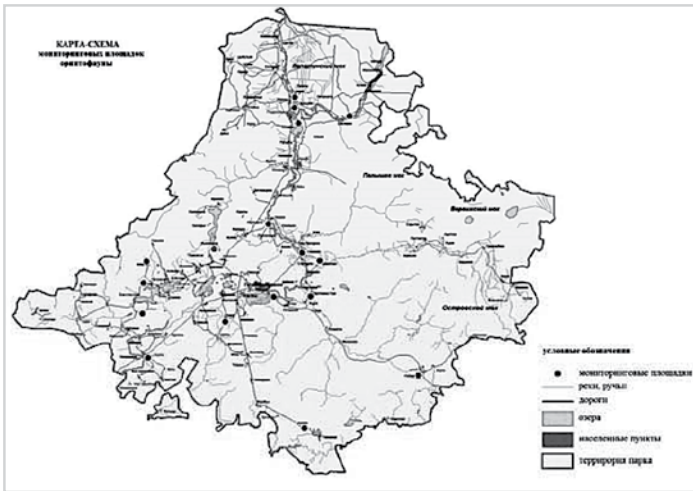


Рисунок 1. Карта-схема мониторинговых площадок орнитофауны



оценки, картографические материалы создаются в среде АрГИС и импортируются по средствам шейп-файлов в общую базу данных и отображаются на геопортале.

Раздел 5. Погода.

5.1. Метеорологическая характеристика. Раздел ведётся по данным получаемым с автоматической метеостанции Смоленского отделения Росгидромета, которая расположена на территории дендропарка «Смоленского Поозерья» с 2011 года (рисунк 4). Составляются графики, аналитика, а также проводится расчёт средних данных по 13 показателям.

Данные в автоматическом режиме передаются на электронную почту. Оператор, используя Web-ориентированный декодер расшифровывает метео-телеграмму и заносит информацию в БД. Далее проводится аналитика, построение графиков и т.д.

2017 год, к примеру, характеризуется чётко выраженными сезонами года – январь самый холодный месяц ($-6,7^{\circ}\text{C}$), а август самый тёплый ($16,7^{\circ}\text{C}$). Сумма атмосферных осадков за январь 2017 года (0,4 мм) намного меньше (на 217,7 мм) средней многолетней суммы атмосферных осадков за этот месяц (218,1 мм), а сумма атмосферных осадков за август 2017 года (147,3 мм) выше многолетней суммы атмосферных осадков (79,9 мм) на 67,4 мм.

По условиям погоды, данные о которой получены с метеостанции, вычисляется комплексный показатель пожарной опасности (Табл. 3, рис. 5). В 2017 году пожаров не было.

Таблица 3 – Вычисление комплексного показателя пожарной опасности по условиям погоды в 2017 году

Месяц	Комплексный показатель пожарной опасности	Класс пожарной опасности	Класс пожарной опасности расшифровка
Апрель	158.25	1	пожарная опасность отсутствует
Май	1181.62	2	малая пожарная опасность
Июнь	472.18	2	малая пожарная опасность
Июль	660.9	2	малая пожарная опасность
Август	698.25	2	малая пожарная опасность
Сентябрь	541.72	2	малая пожарная опасность
Октябрь	274.08	1	пожарная опасность отсутствует



Рисунок 4. Метеостанция д. Боровики. Национальный парк «Смоленское Поозерье»

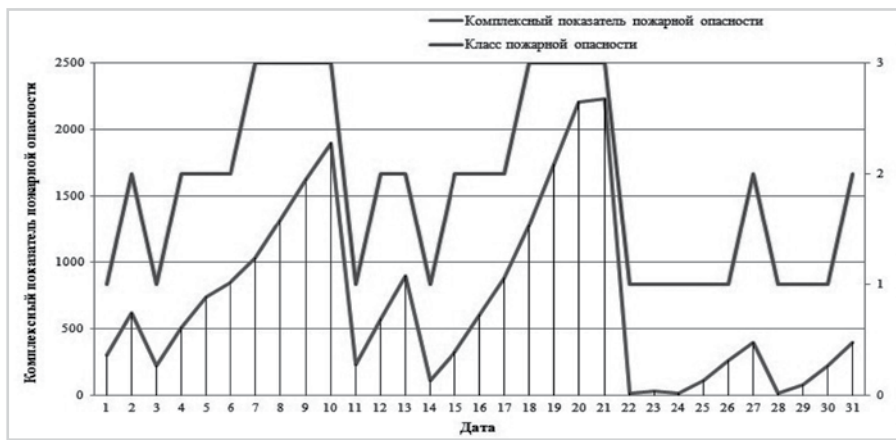


Рисунок 5. Комплексный показатель пожарной опасности по условиям погоды в августе 2017 года

Раздел 6. Вода

Раздел ведется сотрудниками национального парка и включает следующие подразделы:

- 6.1. Изменения уровня воды на водомерных постах.
- 6.2. Гидрологические наблюдения.
- 6.3. Гидрохимические наблюдения оз. Сапшо и оз. Баклановское.
- 6.4. Ихтиофауна..

Все точки отбора проб и проведения мониторинговых работ имеют геопространственную привязку и наложены на картографический материал (рис. 6-7).

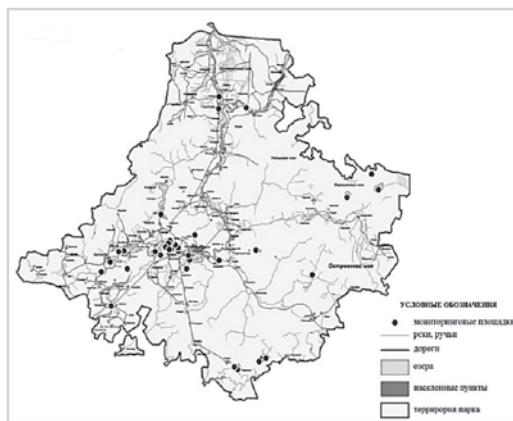


Рисунок 6. Мониторинговые площадки ихтиофауны



Рисунок 7. Мониторинговые работы на водоемах национального парка.

Основные точки отбора проб воды, места наблюдения за основными гидрологическими явлениями, гидропосты так же и отображены на геопортале «Смоленского Поозерья».

В 2017 году нами был проеден анализ многолетних исследований основных нерестилищ рыб на озерах национального парка «Смоленское Поозерье». Исследования ихтиофауны начаты в 1994 году и продолжены до настоящего времени. За этот период нами определен видовой состав ихтиофауны, выделены основные группы рыб по срокам нереста и отношению к нерестовому субстрату. Проведена геопространственная привязка основных мест нереста на озерах национального парка.

Проанализировав геоданные по площадям озер и соответственно нерестилищ рыб мы выдели несколько групп водоемов. Первая группа из озер, где площади нерестилищ превышают площадь самого водоема (4 озера). Данные водоемы являются местом нереста не только местной ихтиофауны, но и рыб приходящих в данный водоем на икрометение. Эти водоемы требуют особой охраны в весенний период.

Следующая группа из 7 озер, где нерестилища составляют 70 – 100% площади. Данные водоемы являются местом нереста местных рыб (Глиское, Белое), а так же мигрирующих из других озер и рек (Круглое, Петраковское).

Для группы озер, где относительная площадь нерестилищ составляет от 20 до 70%, ихтиофауна в полном объеме обеспечена местами для нереста и подращивания молоди. В эту группу входят основное количество озер 13. У оставшейся группы водоемов из 7 ихтиофауна испытывает незначительную нехватку площадей, пригодных для нереста и подращивания молоди. Здесь относительная площадь нерестилищ не доходит до оптимального значения 20%.

По каждому озеру в ГИС –системе построены карты нерестилищ и батиметрия (рис.8).



Рисунок 8. Нерестилища рыб озер Ржавец и Поганое.

Раздел 7. Флора и растительность.

7.1. Оценка масштабов зарастания нелесных земель в Национальном парке «Смоленское Поозерье» за 25 лет по спутниковым данным подготовлена сотрудниками ЦЕПЛ РАН на основе многолетних рядов наблюдений.

В настоящей работе используются временные серии спутниковых изображений за период с 1984 по - 2016 гг. для того, чтобы не только определить современное состояние восстановительных сукцессий нелесных территорий «Смоленское Поозерье», но и проследить их временную динамику, оценить площади стадий восстановительных сукцессий модельной территории в постсоветский период.

Раздел 8. Фауна и животное население.

8.1. Фауна жесткокрылых насекомых (Insecta, Coleoptera) национального парка «Смоленское Поозерье». За 2017 - начало 2018 гг. обнаружено 273 вида жесткокрылых, новых для фауны НП. Относительно холодный и влажный год внес свои коррективы. Например, самый массовый вылет жуков наблюдался 18-22 мая, что позже обычных сроков на 1,5-2 недели. В настоящее время аннотированный список жесткокрылых НП включает 2003 вида (рис. 9).

При планировании и проведении исследований сотрудник энтомолога получил на свое навигационное оборудование координаты известных нор барсуков, гнезд редких птиц и т.п. из закрытой БД, что многократно облегчило проведение работ.

8.2. Результаты количественного зимнего и постоянных учетов млекопитающих.

Как было отмечено выше проведение ЗМУ и обработка данных проводится с использованием современных средств геопространственной привязки и специализированных ПО.

Все маршруты учетов имеют привязку и наложены на картографию в ГИС системе. При прохождении самого маршрута основная часть учетчиков используют трекеры. Данные с карточек заносятся в ГИС и автоматически индексируются по координатам. При обработке данных



Рисунок 9. Исследование нор барсука и изучение фауны жуков птичьих гнёзд

используется программное средство, разработанное ГИС-лабораторией Института Арктики и Антарктики.

Карта-схема маршрутов ПМУ и ЗМУ приведена на рис. 10.

По данным 25 постоянных маршрутных учётов мы получаем данные о 19 видах животных и более 20 видах птиц, а также наблюдения за растениями, грибами, насекомыми, земноводными и пресмыкающимися, наблюдения за погодой.

В 2017 году ЗМУ пройдено 35 маршрутов протяжённостью 389,06 км (рисунок 11). Обработка данных с помощью ПК ЗМУ.

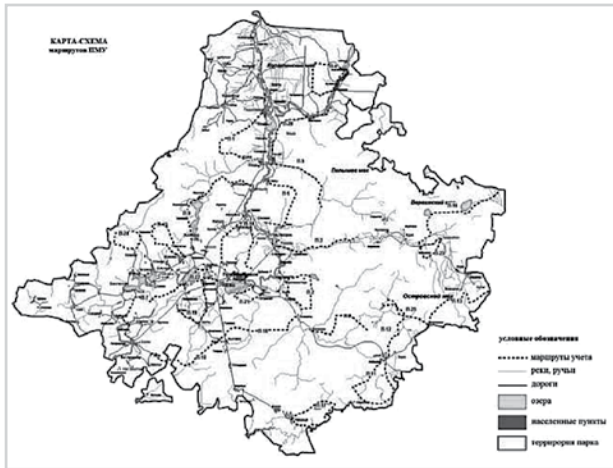


Рисунок 10. Карта-схема маршрутов ПМУ



Рисунок 11. Учётчики из отдела инвентаризации и мониторинга природных комплексов на зимнем маршрутном учёте, 1-е прохождение в январе 2017 года.



В 2017 году произошло уменьшение численности всех животных обитающих на территории национального парка кроме рыси (табл. 4).

В 2018 году её численность продолжает расти и составляет 11 особей (рис. 12).

8.5. Результаты учета норников и зимоспящих, выдры, норки и бобра..

На рисунке 13 показан график численности выдры и норки на протяжении 11 лет.

Рост численности популяции медведя на территории национального парка, зафиксированный нами в последние три года (2014 год – 28 ос., 2015 г. – 33 ос., 2016 г. – 41 ос) является одной из причин, по которой данному виду уделяется большое внимание в рамках проводимого мониторинга. В 2017 году численность медведя осталась прежней – 41 особь (рисунок 17).

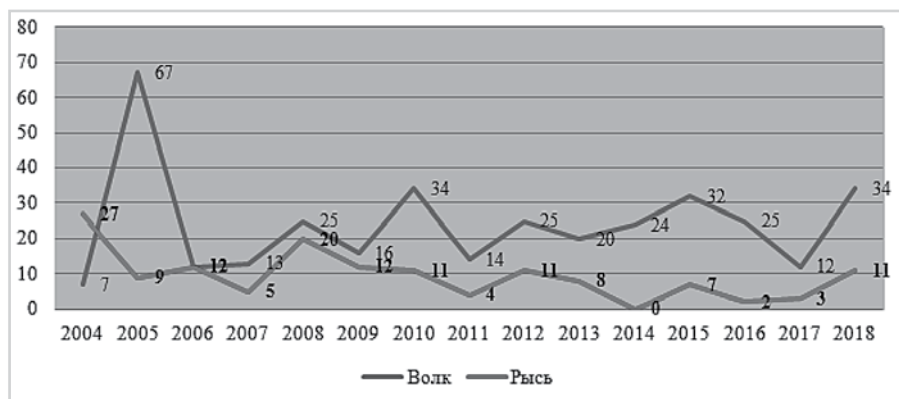


Рисунок 12. Численность хищников на территории национального парка

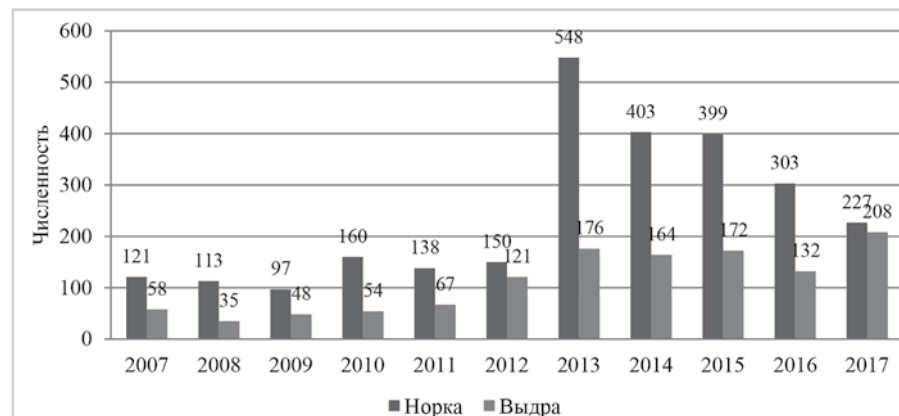


Рисунок 13. Численность норки и выдры на территории национального парка «Смоленское Поозерье» с 2007 по 2017 гг.

Таблица 4 – Численность животных на зимних маршрутных учётах с 1998 по 2017 гг.

Учёт- ный год	Вид											
	Белка	Волк	Горно- стай	Заяц- беляк	Заяц- русак	Кабан	Косуля	Куница	Лисица	Лось	Рысь	Хорек
1998	3596	31	108	1230	110	24	69	154	94	91	2	36
1999	2417	57	92	1168	158	38	16	163	83	64	6	28
2000	3161	35	116	1387	182	33	58	194	107	56	12	73
2001	4354	36	173	1199	195	19	4334	105	83	97	11	67
2002	3451	23	64	4270	263	123	42	222	164	45	5	73
2003	3145	36	137	3440	384	78	100	238	150	78	12	84
2004	5936	7	99	3745	456	11	52	472	300	78	27	270
2005	4636	67	167	3482	255	112	52	267	197	94	9	82
2006	4796	12	208	3369	242	199	52	290	153	145	12	98
2007	5629	13	85	2312	97	167	36	165	131	80	5	85
2008	6276	25	41	2400	111	176	16	239	197	134	20	107
2009	6504	16	67	2856	90	296	36	373	282	174	12	56
2010	1216	34	529	3869	62	470	117	363	167	417	11	180
2011	1760	14	59	2332	77	206	83	240	176	209	4	101
2012	5321	25	250	2761	153	174	97	396	195	97	11	105
2013	4253	20	113	1836	71	369	49	355	153	168	8	44
2014	1744	24	105	1394	38	263	33	136	117	118	0	116
2015	5682	32	73	2687	89	81	10	263	140	160	7	142
2016	4539	25	76	2612	209	131	75	276	179	202	2	39
2017	3269	12	69	904	34	58	69	149	58	197	3	31

– максимальное значение

– минимальное значение

Учёт барсука, также показал увеличение его численности за последние 4 года. В 2017 году численность барсука составила 30 особей, количество поселений – 13 (рис. 14).

Учёт бобровых поселений проводится на протяжении 20 лет на 22 маршрутах, общей протяжённостью 230 км. Численность бобра в 2017 году составила 663 особи (рис. 15).

8.6. Мониторинг состояния авифауны.

Данный раздел является самым большим и включает в себя 11 подразделов:

Всего на территории национального парка зарегистрировано 235 видов птиц. 187 видов гнездится, а свыше 100 видов встречается на пролёте; 65 видов – зимует.

Основная масса данных мониторинговых работ проводится с использованием средств геопространственной привязки.

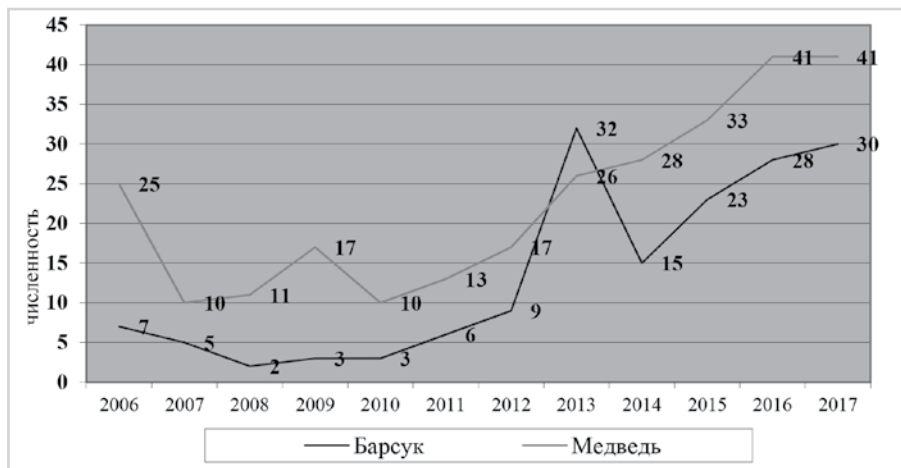


Рисунок 14. Численность барсука и медведя 2006-2017 гг.

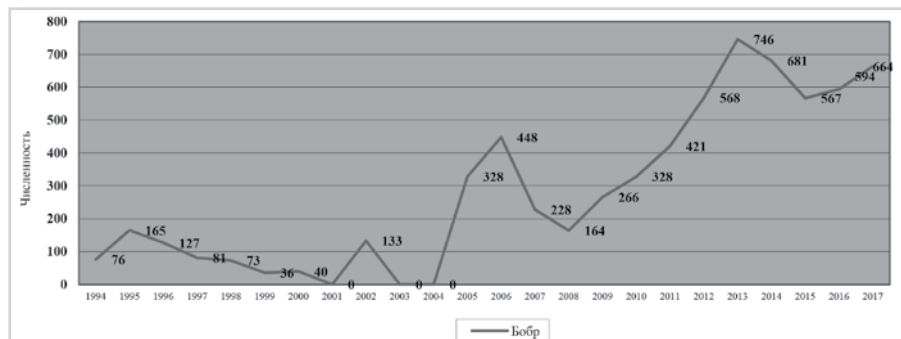


Рисунок 15. Численность бобра на территории национального парка «Смоленское Поозерье» 1994-2017 гг.

Раздел 9. Состояние заповедного режима. Влияние антропогенных факторов на природу национального парка и охранной зоны

9.1. Рубки леса в национальном парке..

Отводы делянок под рубки ухода и другие лесохозяйственные работы ведутся на основе картографических и лесоустроительных материалов и БД, созданных в программной среде Лес-ГИС, на основе программного обеспечения отечественной разработки.

9.2. Нарушения режима национального парка.

Регистрация данных по протоколам о нарушениях режима охраны территории также ведется в web-ориентированном сервисе, разработанном Гис-лабораторией института Арктики и Антарктики.

Доступ в данный сервис организован с сайта <http://ooot.aari.ru>.

Раздел 10. Фенологические наблюдения

10.1. Фенологические наблюдения. 2017 год. «Календарь природы». Шалаева К.В.

Основой мониторинга биоты на территории национального парка является ведение «Дневников наблюдателя». Всего ведётся 35 видов наблюдений по территории национального парка, которые осуществляются 27 сотрудниками. Мониторинг проводится на протяжении 11 лет начиная с 2006 года. В дневниках отмечаются наблюдения за фенологическими явлениями в природе, за поведением и состоянием диких животных и другие параметры состояния окружающей среды.

После обработки полученных данных проводится расчёт средней даты наступления регистрируемой величины за отчётный год и расчёт средней многолетней даты. Далее определяются отклонения от средней многолетней, что позволяет проследить основные фенологические показатели, а также выполнить сравнительный анализ полученных результатов (табл. 5).

Таблица 5 – Наблюдение за озерами (весна).

Название озера и места наблюдения (уточние)	Основные фенологические наблюдения (вид, событие), и его характеристика	Число лет наблюдений	Дата наступления в 2017 г.	Средняя многолетняя	Отклонения от средней многолетней
1	2	3	4	5	6
оз. Баклановское	На льду появилась вода	12	01.03.17	11.03	-10
	Лед отошел от берегов	12	18.03.17	24.03.	-6
	Лед взломало	12	06.04.17	07.04.	-1
	Лед на озере растаял	12	06.04.17	08.04.	-2



По результатам обработки дневников наблюдателя и с использованием ГИС технологий и программных средств с 2013 года создаются картографические (до 20 карт) материалы позволяющие визуализировать результаты собранных полевых материалов (рис. 16).

Учёт нор лисы, барсука и енотовидной собаки. Для учёта животных также используются лесные камеры (рис. 17), установленные в местах их обитания, на солонцах или подкормочных площадках.

Указанные материалы служат основой для объяснения особенностей пространственной структуры популяций и их динамикой не только в пространстве, но и по сезонам года

В целом результаты наблюдений за фенологическими, метеорологическими и другими явлениями в природе, за поведением и состоянием диких животных на территории национального парка «Смоленское Поозерье» позволяют организовать обширный объем данных. Анализ этих данных, в свою очередь, позволяет готовить управленческие решения по оптимизации охраны территории, мониторингу и готовить материалы для организации работ отдела экологического просвещения.

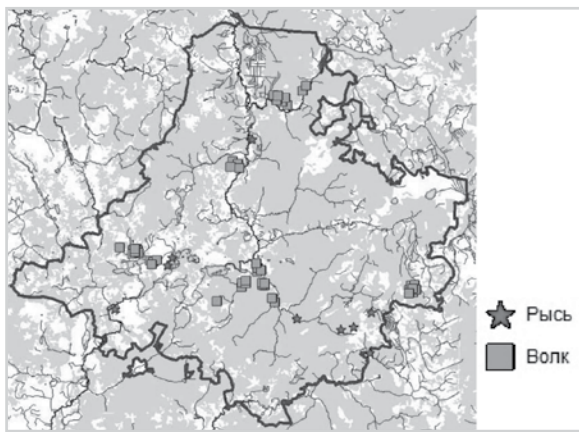


Рисунок 16. Распределение хищников на территории национального парка по данным Дневников Наблюдателя в 2017 году



Рисунок 17. Фото с лесных камер на территории «Смоленского Поозерья»

ОПЫТ СОЗДАНИЯ СХЕМЫ ПАТРУЛИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «ДЕНЕЖКИН КАМЕНЬ» В ARCGIS

Владимирова Н.А., Квашина А.Е.

ФГБУ ГПЗ «Денежкин Камень», Североуральск, Россия

Государственный природный заповедник "Денежкин Камень" расположен на севере Свердловской области. Его территория полностью включает в себя массив горы Денежкин Камень, восточные склоны Главного Уральского Хребта, хребта Хоза-Тумп, верховья рек Ивдель, Тальтия, Шегульган, Сосьва. Площадь заповедника 80 тыс. га. Здесь сохранились довольно крупные участки старовозрастной горной тайги, а также тундры, являющиеся резерватом для особо ценных, редких и эндемичных видов уральской горнотаёжной флоры и фауны.

Для недопущения нарушений охранного режима особо охраняемая природная территория (ООПТ) патрулируется инспекторами. При этом на каждый маршрут патрулирования требуется издать приказ и выдать инспектору задание с абрисом территории, пунктами, которые ему нужно посетить и датами посещения. Кроме того, необходимо знать расстояния, пройденные инспекторами в ходе патрулирования. Учет маршрутов, инспекторов и посещенных пунктов в заповеднике ведется в базе данных Access, но для облегчения работы начальника отдела охраны мы также решили создать в среде ArcGIS, полученной заповедником по гранту для ООПТ, ГИС абрисов маршрутов и автоматизировать выдачу маршрутных листов инспекторам.

За время работы заповедника сложилась достаточно устойчивая схема патрулирования территории, которую мы и взяли за основу ГИС. Это векторы путевых точек и маршрутов между ними. Кроме того, в результирующей ГИС имеются слои геоподосновы (реки, квартальная сеть, рельеф и т.п.) (рисунок 1).

Для автоматизированного учета маршрутов и выдачи абрисов требуется построить граф маршрутов, а также путевые листы (Directions), поэтому кро-

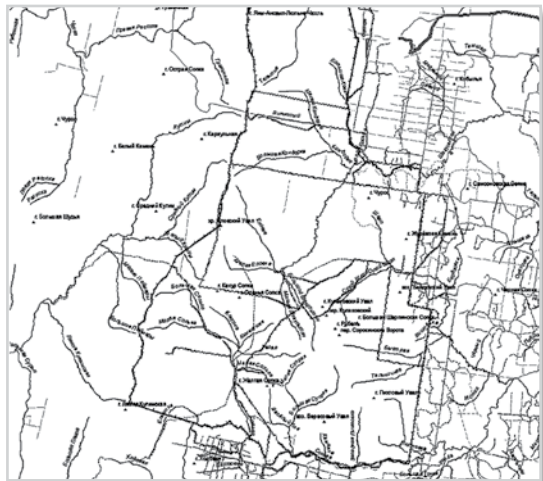


Рисунок 1



ме базовой лицензии ArcGIS нужен модуль Network Analyst. Для создания ГИС патрулирования были предприняты следующие действия:

Отредактирована топология векторного слоя маршрутов с тем, чтобы линии не пересекались, не было недолетов и мультилиний.

Построен граф маршрутов (Route)

С помощью Model Builder была создана модель, показанная на рисунке 2.

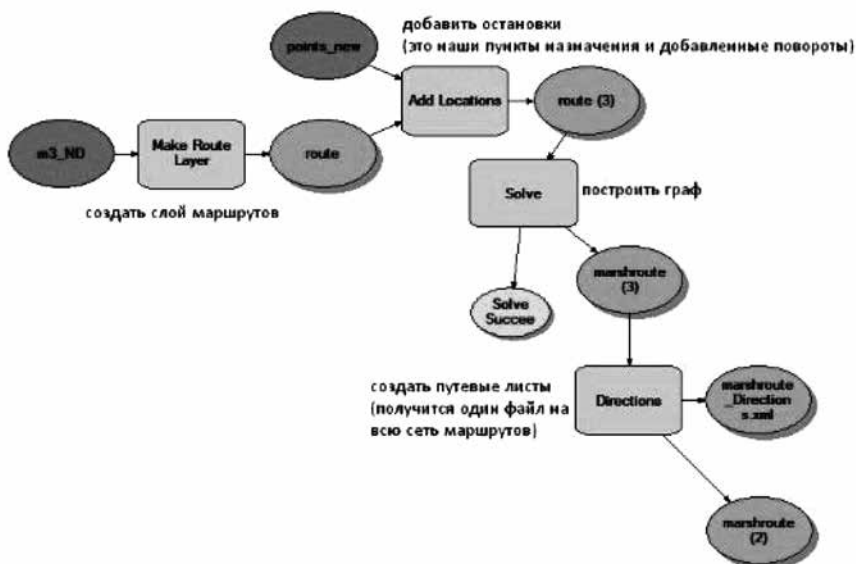


Рисунок 2

Теперь с помощью инструмента Find Route можно автоматически строить маршруты (формируются векторы самого маршрута и посещенных точек с заданной атрибутикой). Абрис маршрута добавляется в базу данных приказов и заданий на патрулирование.

В конце года мы получим полную базу патрулирования территории, сможем рассчитать пройденные расстояния и оценить наши возможности по патрулированию на следующий год.

СОСТАВЛЕНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ ВУЛКАНА ГОЛОВНИНА (ОСТРОВ КУНАШИР, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) НА ОСНОВЕ ПОЛЕВЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

*Грищенко М.Ю.^{1,3}, Калимова И.В.², Пыркин В.О.², Гулакова К.Н.²,
Сдорик В.А.⁴, Гаврилова В.И.¹*

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет

² МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения

³ Государственный природный заповедник "Курильский"

⁴ СПбГУ, Институт Наук о Земле

e-mail: m.gri@geogr.msu.ru

Введение

Работа посвящена описанию результатов полевых почвенных обследований, проведённых 2015–2017 гг. на территории Алёхинского участка заповедника "Курильский". Рассматриваемая территория представляет собой кальдеру вулкана Головнина, расположенного в южной части острова Кунашир, и прилегающие к ней участки. Для территории характерны проявления поствулканической активности, труднопроходимый растительный покров, довольно высокая расчленённость, обилие водотоков. Следует отметить, что ранее почвы рассматриваемого участка с такой детальностью не изучались и в таком масштабе не картографировались.

Методы

Проведённые обследования почв состояли из 3 этапов: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительный этап заключался в разработке программы почвенных исследований. В течение данного этапа происходило ознакомление с исследуемой территорией на основе литературных источников, карт и космических снимков. Общее представление о почвенном покрове исследуемого района позволяют получить обзорные почвенные карты [Атлас..., 2009] и различные обобщающие работы [Лашков, 1948; Ивлев и др., 1982].

Далее были предварительно определены точки заложения почвенных разрезов, которые выбирались с учетом двух факторов почвообразования — рельефа, отраженного на топографической карте, и растительности, дешифрируемой по космическим снимкам.

Полевой этап заключался в заложении и описании почвенных разрезов. Главным методом диагностирования почв является почвенно-профильный метод, при котором, закладывая почвенный разрез на определенную глубину, мы получаем представление о принадлежности данного почвенного индивидуума некоторой классификационной единице [Евдокимова, 1987]. В каждом заложённом в ходе экспедиции почвенном разрезе послойно выделены генетические горизонты, описаны их морфологические



свойства (влажность, окраска, структура, наличие корней, гранулометрический состав, пористость, новообразования, включения, растительные остатки, сложение, переход к нижележащему горизонту и граница между ними) с измерением их мощности.

Камеральный этап заключался в обработке и анализе всех полученных на полевом этапе работ данных по почвенным разрезам. Произведена индексация горизонтов, определены названия почв по следующим таксонам: тип - подтип - вид - разновидность - разряд в соответствии с "Классификацией и диагностикой почв России" [Шишов и др., 2004]. Выявлены их генетические особенности и закономерность распространения элементарных почвенных ареалов. По результатам анализа результатов полевых обследований составлена легенда крупномасштабной почвенной карты (масштаб 1:10 000) с отображёнными на ней подтипами почв. Для определения границ контуров подтипов почв использован космический снимок со спутника Pleiades-1B за 1 июня 2015 г. (каналы: синий, зелёный, красный, ближний инфракрасный, панхроматический) с пространственным разрешением в панхроматическом канале 0,5 м, в узких каналах оптического диапазона - 2 м. По космическому снимку проведено дешифрирование растительных ассоциаций, которые по результатам полевых обследований являются индикаторами некоторых подтипов почв. Для оценки приуроченности подтипов почв к формам рельефа использована топографическая карта.

Результаты

Среди почв изученного участка можно выделить следующие (названия почв приведены в соответствии с "Классификацией и диагностикой почв России" [Шишов и др., 2004]):

а) Бурозёмы типичные, а также бурозёмы типичные, залегающие на погребённых дерновых почвах, и бурозёмы грубогумусированные.

б) Серогумусовые (дерновые) типичные.

в) Литозёмы серогумусовые.

г) Стратозёмы серогумусовые.

д) Вулканические почвы (охристые типичные, а также перегнойно-охристые типичные).

е) Торфяные олиготрофные.

ё) Аллювиальные серогумусовые, торфяно-глеевые, слоистые.

ж) Псаммозёмы гумусовые

з) Петрозёмы гумусовые

Бурозёмы

Эти почвы широко распространены на исследуемом участке под разнообразной растительностью - как под лесами, так и в условиях редколесья и травяной растительности. Встречаются эти почвы как в долинах ключей и рек, так и на склонах и вершинах сопок. Характерными их признаками являются преобладание бурых тонов в окраске всего профиля (что связано с присутствием соединений железа), а также наличие структурно-метаморфического горизонта с ореховатой, ореховато-комковатой или мелко-глыбистой структурой. Отдельное место занимают бурозёмы, залегающие на

погребённых дерновых почвах. Их распространение отмечено близ кальдеры вулкана Головнина и может быть объяснено ранее проявлявшейся вулканической активностью. Кроме того, встречаются бурозёмы грубогумусированные — они диагностируются по наличию в серогумусовом горизонте грубогумусового материала, т.е. смеси органических остатков, различных по степени разложенности, с минеральными компонентами. Эти почвы не являются широко распространёнными на участке, они распространены локально под растительностью с преобладанием хвойных пород, т.к. в их опаде содержатся трудно разлагаемые вещества, кроме того, под такой растительностью подавляется микробиологическая деятельность почвенных микроорганизмов.

Дерновые (серогумусовые) почвы

Эти почвы являются широко распространёнными в кальдере вулкана Головнина. Их развитие приурочено в основном к редколесьям, каменно-берёзовым лесам, бамбучникам. Для них характерен простой профиль, в котором серогумусовый горизонт постепенно переходит в породу. Признаками серогумусового горизонта является серая с коричневатым оттенком окраска, комковатая, мелкокомковатая, иногда зернисто-комковатая структура.

Литозёмы серогумусовые

Эти почвы диагностируются по серогумусовому горизонту, залегающему на мелкозёмистой или щебнисто-мелкозёмистой толще, подстилаемой плотной породой. Встречаются по вершинам сопков, коренным склонам под различной растительностью, которая играет важную роль при формировании литозёмов, являясь фактором первичного биологического выветривания, способствуя не только разрушению породы, но и накоплению органических веществ и, как следствие, образованию гумуса.

Стратозёмы серогумусовые

Стратозёмы гумусовые характеризуются стратифицированной гумусированной толщей мощностью более 40 см, представляющей собой гумусированный неоднородный, нередко - слоистый материал. Эта толща рассматривается как стратифицированный горизонт, которые перекрывает профиль ранее образовавшейся почвы либо минеральный субстрат. Стратозёмы серогумусовые встречаются на склонах крутизной более 15°, т.к. вследствие возникающих здесь водно-аккумулятивных потоков происходит перенос органического материала с последующим перекрытием минеральных горизонтов нижележащих почв и формированием описанной стратифицированной толщи.

Вулканические почвы

К вулканическим почвам на исследуемой территории, в первую очередь, относятся охристые типичные. Такие почвы формируются в условиях современной вулканической деятельности. В связи с пепловыми выбросами профиль этих почв довольно мощный, для него характерно залегание под современной почвенной толщей серии погребённых горизонтов, а также наличие пепловых прослоек. Важным диагностическим признаком является дающий название этим почвам охристый горизонт. Для него характерна



насыщенная окраска рыжевато-охристого цвета, обусловленная высоким содержанием несиликатных форм железа, а также специфическая икряная структура. В пределах исследуемой территории эти почвы распространены на участках в днище кальдеры вулкана Головнина. Здесь же встречаются перегнойно-охристые почвы, которые отличаются от охристых по наличию тёмного, мажущегося, содержащего большое количество сильно разложившихся растительных остатков, перегнойного горизонта. Поскольку для формирования этих почв необходимы условия значительного увлажнения, они приурочены к болотцу к юго-западу от Центрального Западного экстремизированного купола.

Торфяные олиготрофные

Эти почвы характеризуются наличием олиготрофно-торфяного горизонта, состоящего, в основном, из остатков сфагновых мхов разной степени разложенности. Этот горизонт залегает на органогенной породе, представляющей собой торфяную толщу. Эти почвы формируются в условиях застойного увлажнения, и в пределах исследуемой территории встречаются по берегам озера Кипящее и близ сольфатарных полей.

Аллювиальные

Аллювиальные почвы формируются под действием поемного процесса - периодического затопления почв пойменной террасы паводковыми водами - и аллювиального процесса, т.е. регулярного отложения на поверхности поймы аллювия различного генезиса, в связи с чем все аллювиальные почвы встречаются на изученном участке по поймам рек и крупных ключей, а также на I террасе озера Горячее. Разделение этих почв основано на различиях характера гумусового или органогенного горизонта, по наличию признаков оглеения в профиле. Так, для типа аллювиальных серогумусовых почв характерно наличие серогумусового горизонта с комковатой, реже комковато-ореховатой или ореховатой структурой. Формируются эти почвы на небольших возвышениях рельефа центральной поймы под пойменными лесами. Помимо них, в пределах рассматриваемой территории встречаются аллювиальные торфяно-глеевые почвы, которые диагностируются по наличию в профиле торфяного и глеевого горизонтов, дающих название этому типу. Торфяной горизонт представляет собой бесструктурный хорошо разложенный органический материал очень тёмного, почти чёрного, цвета. Для глеевого горизонта характерно преобладание холодных оттенков в окраске (сизых, палевых), бесструктурность. Почвы этого типа формируются в условиях избыточного увлажнения в понижениях центральной поймы и вблизи террас, коренных склонов. Аллювиальные слоистые почвы диагностируются по наличию гумусово-слаборазвитого горизонта, залегающего на толще аллювиальных отложений. Они встречаются преимущественно на террасах озера Горячее.

Псаммозёмы гумусовые

Эти почвы характеризуются простым профилем, состоящим из гумусово-слаборазвитого горизонта, залегающего на песчаной почвообразующей породе. Псаммозёмы распространены на морских террасах под бедной растительностью с доминированием шиповника морщинистого (*Rosa*

rugosa) и колосняка мягкого (*Leymus mollis*), под влиянием которой происходит образование слабо выраженной структуры и накопление органического вещества.

Петрозёмы гумусовые

Как и для псаммозёмов, для этих почв характерен простой профиль из гумусово-слаборазвитого горизонта, залегающего на плотной силикатной породе. В пределах изучаемой территории такие почвы встречаются вблизи сольфатарных полей под кедровостланниковой растительностью.

Выводы

Проведённые полевые обследования позволили составить крупномасштабную почвенную карту Вулкана Головнина и прилегающих территорий. На карте показаны подтипы почв рассматриваемого участка.

Главными факторами, которые влияют на формирование почв исследуемой территории, являются растительность, озовые и склоновые процессы, рельеф, подстилающие породы, а также вулканическая деятельность. Наиболее распространёнными почвами на исследуемой территории являются бурозёмы; по сути, они представляют её своеобразный "почвенный фон". Меньшим распространением характеризуются дерновые (серогумусовые) почвы, встречающиеся в днище кальдеры вулкана Головнина в сочетании с бурозёмами. Там же на отдельных участках можно диагностировать охристые почвы. Широко распространены по изучаемой территории стратозёмы, они приурочены к склонам. Литозёмы встречаются там, где подстилающие породы залегают неглубоко: на вершинах и склонах некоторых сопок. Аллювиальные почвы приурочены к долинам водотоков и I озёрной террасе озера Горячее. Прочие почвы распространены локально.

Интересен факт, что, несмотря на выраженное вулканическое происхождение территории, вулканические почвы не получили здесь широкого распространения. По нашему предположению, это связано с двумя факторами: во-первых, последнее извержение вулкана Головнина произошло сравнительно давно, по разным данным, от 600 до 2500 лет назад; во-вторых, для Южных Курил характерна высокая биологическая активность, что, вероятно, определяет быстрое преобразование вулканических отложений.

Литература

1. Атлас Курильских островов / Российская академия наук. Институт географии РАН. Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. Редкол.: Котляков В.М. (председатель), Бакланов П.Я., Комедчиков Н.Н. (гл. ред.) и др.; Отв. ред.-картограф Фёдорова Е.Я. М.; Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. 516 с.
2. Евдокимова Т.И. Почвенная съёмка: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1987. 272 с.
3. Ивлёв А.М., Таргульян В.О., Куликов А.В. Почвы острова Кунашир // Почвенный покров Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1982. С. 30–49.
4. Лашков А.Н. К морфологии почв южных Курильских островов // Изв. ВГО. 1948. Т. 80. С. 61–68.
5. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.



СОЗДАНИЕ КАРТЫ ТИПОВ ЛАНДШАФТОВ СОЧИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Самсонов С.Д.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Сочинский национальный парк» e-mail: samrex@rambler.ru*

Актуальность изучения горных территорий и особенностей функционирования их ландшафтов в настоящее время обусловлена возрастающим антропогенным воздействием, связанным с активным вовлечением природных ресурсов в различные сферы природопользования. В частности, большое внимание уделяется богатым растительным ресурсам горных стран, их рекреационному потенциалу, а также расширению строительных работ в горах. В организации ландшафтов большое значение принадлежит биологическому круговороту, который во многом определяет функционирование и биогеохимические особенности ландшафтов.

В то же время именно биотические компоненты в первую очередь подвергаются существенным изменениям под действием антропогенных факторов. Для оценки этих изменений необходим анализ процессов биогенеза в естественных условиях. Их выявление особенно важно для территорий заповедников и национальных парков, ландшафты которых могут использоваться как фоновые эталоны.

При составлении карты ландшафтов учитывается множество классификационных признаков, таких как их генезис, ландшафтообразующие факторы и закономерности формирования и распространения ландшафтов. Важнейшие процессы функционирования ландшафтов: влагооборот, почвообразование, круговорот биомассы и др., определяются тепло- и влагообеспеченностью. Распределение солнечной радиации и осадков зависит от широтного расположения территории, высотной зональности, ориентации и крутизны склонов. Значительную роль в ландшафтообразовании принадлежит рельефу и фундаменту на котором он развивается.

Северо-западная часть территории Сочинского национального парка (СНП) сложена в основном отложениями юрской и меловой систем, отложения палеогеновой системы начинаются в районе пос. Чемитоквадже и простираются клином до долины реки Псоу удаляясь на 15 км от берега моря. Небольшое вкрапление этих отложений встречается в ущ. Ахцу. Неогеновые отложения встречаются на сравнительно небольшой территории в районе Имеретинской низменности.

Несмотря на широко развитую речную сеть территории СНП, отложения четвертичной системы встречаются лишь по долинам рек Аше, Псезуапсе, Шахе, Сочи, Псоу, частично Мзымта с притоками Чвежипсе и Лаура.

Важнейшим фактором ландшафтообразования для горных регионов является рельеф. Рельеф как объект исследования представляет особый

интерес для географов и других специалистов наук о Земле. Рельеф описывается тремя основными характеристиками: генезисом, т.е. преобладающим процессом его создания, временем действия этого процесса и формами или морфологией, которые при этом образуются. Таким образом, всякий рельеф подчинен одновременно закономерностям двух типов: генетическим и геометрическим.

Методы математического, структурного описания и анализа рельефа разрабатываются в рамках геоморфологических исследований, основанных на «концепции геометризации рельефа», определяющей его части и строение земной поверхности как геометрическое место точек.

Широкое внедрение геоинформационных систем в географические исследования предполагает использование данных о рельефе в цифровой форме – в виде цифровых моделей рельефа (ЦМР). Учитывая сказанное, основными требованиями к цифровой модели рельефа является обеспечение геометрического и структурного подобия, а также возможности осуществлять структурно-географический анализ и выделение конкретных геосистем по двум взаимосвязанным критериям: строению и составу. Соответствие перечисленным требованиям позволяет создавать их номенклатурно-структурную классификацию и проводить статическое и динамическое исследование. Разработка блока моделирования рельефа, отвечающего вышеперечисленным требованиям, переводит геоинформационные системы в класс интеллектуальных и экспертных систем основанных на знаниях (Варшавина и др., 2007).

Основными показателями, характеризующими формы рельефа, являются высота над уровнем моря, крутизна склонов и их экспозиция.

Основной таксономической единицей для картографирования был выбран ландшафт – конкретная территориальная, однородная по происхождению и истории развития, обладающая единым геологическим фундаментом, однотипными рельефом, климатом, единообразным сочетанием почв, биоценозов и определенной структурой, то есть закономерным сочетанием составляющих его морфологических частей – местностей, урочищ, фаций (Четырехязычный ..., 1979).

Для уточнения методов и приемов составления крупномасштабной ландшафтной карты СНП был выбран бассейн реки Псеузапсе.

В январе 2018 года был обновлен ресурс сайта [arcgis.com](http://sochinp.maps.arcgis.com/home/item.html?id=58a541efc59545e6b7137f961d7de883) (<http://sochinp.maps.arcgis.com/home/item.html?id=58a541efc59545e6b7137f961d7de883>), позволяющий добавлять в проект слой высот мира с несколькими разрешениями, предоставляющий доступ к значениям высот для использования в анализе с функциями наклона, экспозиции и отмывки.

При создании карты высотной поясности, крутизны и экспозиции склонов (рис. 1, 2, 3) были использованы данные с разрешением 24 м.

Градация поверхностей по крутизне склона заимствована из работы В.К. Жучковой и Э.М. Раковской (2004), которые разработали ее специально для горных стран:

- 0-4° – плоские и почти плоские поверхности;
- 4-10° – пологие склоны;
- 10-20° – покатые склоны;

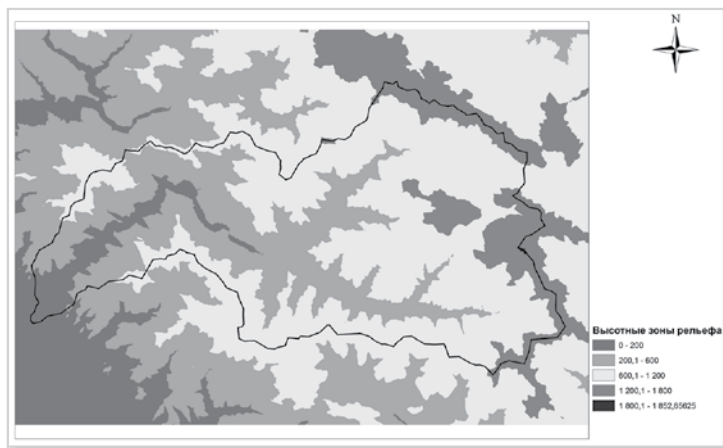


Рис. 1. Высотные зоны рельефа.



Рис. 2. Крутизна склонов.

20-30° – склоны средней крутизны

30-45° – крутые склоны;

45-60° – очень крутые склоны;

60-90° – скалистые (обрывистые) склоны.

При ландшафтном картировании существует проблема выделения элементов рельефа, в частности, проблема выделения положительных и отрицательных форм рельефа. Сочетание и конфигурация положительных и отрицательных форм рельефа определяют характер и направленность физико-географических процессов (вещественно-энергетических потоков) в ландшафтах, тем самым являясь основным фактором дифференциации их горизонтальной структуры. Таким образом, выделение положительных и

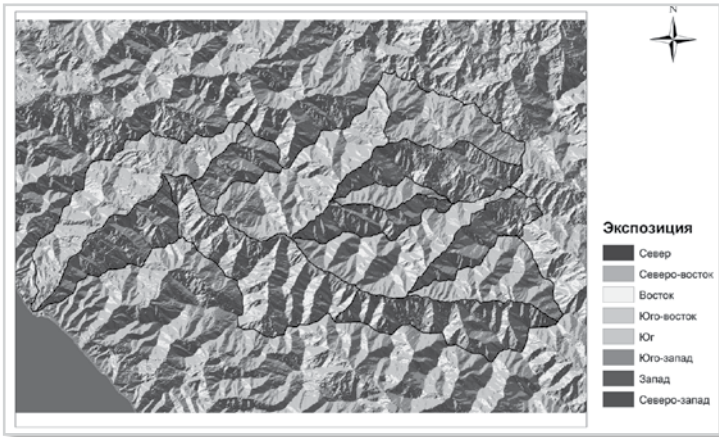


Рис. 3. Экспозиция склонов.



Рис. 4. Обработанные данные TPI.

отрицательных форм рельефа разных порядков также является основной задачей ландшафтного картирования территории. Более точно определить границы ландшафтов помогает топографический индекс положения (Topographic Position Index – TPI) (http://www.jennessent.com/downloads/tpi_documentation_online.pdf).

Анализ TPI позволил выделить на местности долинные комплексы и ПТК плакоров как части ландшафта. При генерализации были удалены полигоны площадью менее 1 га (рис. 4).

При составлении ландшафтной карты нельзя забывать о современных процессах ландшафтогенеза, развитых в долинах рек на аллювиальных от-

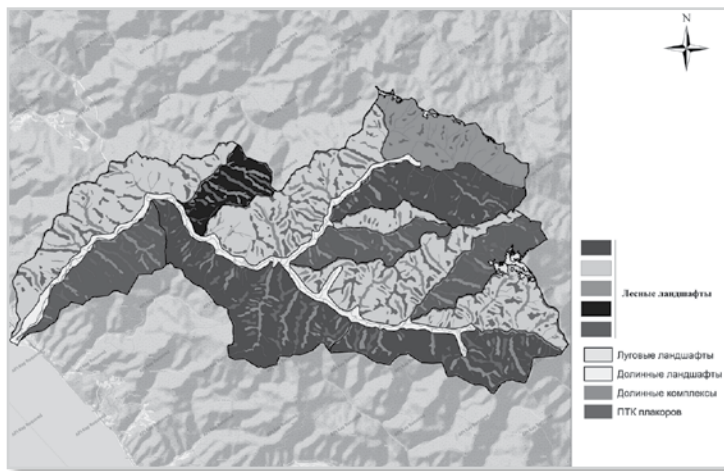


Рис. 5. Ландшафты бассейна р. Псезуапсе.

ложениях четвертичного периода. Следует отметить, что не во всех долинах рек территории СНП развиты эти отложения. В долине реки Псезуапсе они занимают около 3000 га единым контуром, и, следовательно, данную территорию необходимо учитывать в ландшафтной структуре.

Результатом исследований и анализа собранного материала стала карта ландшафтов бассейна реки Псезуапсе (рис. 5). В итоге мы получили 16 контуров ландшафтов и рассчитали их средние морфометрические показатели, в частности на полученной карте отображена преобладающая экспозиция склонов. Немаловажным фактором при выделении ландшафтов являются растительные формации. Распространение лесных формаций учитывалось при определении границ ландшафтов. На данном этапе работ была отработана методика выделения ландшафтов по генетическим и морфометрическим характеристикам, выделены ландшафты бассейна реки Псезуапсе. Дать их название и полную характеристику (систематизировать) получится только при условии проведения таких работ для всей территории СНП.

Список литературы:

1. Объектно-ориентированная цифровая модель рельефа / Т.П. Варшанина, О.А. Плисенко, С.Ф.Пикин, И.В. Стародуб // Вестник Адыгейского государственного университета. Майкоп, 2007. № 4. С. 216-222.
2. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. М., «Советская энциклопедия», 1979. — 703 с.
<http://sochinp.maps.arcgis.com/home/item.html?id=58a541efc59545e6b7137f961d7de883>
3. Жучкова В.К. Методы комплексных физико-географических исследований / В.К. Жукова, Е. М. Раковская. М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 368 с.
http://www.jennessent.com/downloads/tpi_documentation_online.pdf

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ

Егошин А.В.

*ФГБУ: «Сочинский национальный парк»,
Сочи, Россия, e-mail: ecoid@yandex.com*

Привнесение элементов чужеродной флоры приводит к изменению целого ряда параметров экосистем (биоразнообразие, обилие видов, биологическая продуктивность, интенсивность круговорота веществ и т.д.). Эти изменения могут оказаться фатальными для некоторых аборигенных видов. В глобальном масштабе это приводит к унификации флоры, что по мнению многих авторов представляет серьёзную угрозу для биоразнообразия планеты (Виноградова и др., 2010; Gassmann A. 1995; Hulme, 2007). Следует отметить, что в результате интенсификации процессов глобализации и климатических изменений эта угроза с каждым годом лишь увеличивается (Richardson et al., 2006), и даже особо охраняемый статус природных территорий не является стопроцентной защитой на пути пришлых видов (Gallardo, 2017).

Успешность чужеродных видов на новой родине вызвана комплексом факторов. Во-первых, многие иноземные виды обладают чётко-выраженными физиологическими конкурентными преимуществами (Виноградова, 2003; Davidson et al., 2011). Эти преимущества заключаются в высокой скорости роста, а также созревания плодов, эффективных способах распространения семян, которые к тому же обладают высокой энергией роста. Именно поэтому, многие адвентики являются у себя на родине видами начальных стадий сукцессий (Rejmanek, 1996). Кроме того, некоторые успешные адвентивные виды вступают в различного рода аллелопатические взаимодействия, подавляя рост и развитие конкурентов. Как результат, в отсутствие специализированных фитофагов иноземные виды могут получать существенные конкурентные преимущества на новой родине. Большую роль в успешной натурализации чужеродных видов играет видовое разнообразие экосистемы-акцептора (Василевич, 1991; Акатов и др., 2012; Elton, 1958; May et al., 1972; Goodman, 1975; Pimm, 1979). Экосистемы, отличающиеся высоким видовым разнообразием, как правило, более устойчивы к внедрению адвентивных видов. Существенную роль в успешности иноземных видов играют и биоклиматические условия новой родины (Chytrý et al., 2008). Более комфортные климатические условия территории, позволяют экосистемам «принимать» большее число разнообразных чужеродных видов.

Значительное влияние на процессы распространения адвентивных видов оказывает и антропогенная деятельность, приводящая к различ-



ного рода нарушениями экосистем (Сенатор и др., 2013; Simberloff, 2004; Rejmanek, 2005; Hayasaka, 2012). Эти нарушения сопровождаются изменением видового состава и обилия видов, в результате чего в экосистемах появляются свободные ресурсы, на которые и «претендуют» чужеродные виды.

Таким образом процесс биологических инвазий имеет иерархическую структуру. Климат является доминирующим фактором на макроуровне, тогда как топографические особенности местности и характер землепользования играют важную роль на мезоуровне, и, наконец, в локальных масштабах почвенные условия, нарушения растительного покрова и биотические взаимодействия играют детерминирующую роль в распространении адвентиков.

Последние достижения вычислительных технологий вкупе с доступностью большого количества различных данных о состоянии окружающей среды, в том числе и данных дистанционного зондирования, позволяют оценить всю вышеупомянутую многомерную иерархическую структуру факторов и перейти от узколокальных полевых исследований пространственного распределения видов к более широкомасштабным, а также сделать прогноз, как климатические изменения повлияют на распространение адвентивных видов в будущем.

Материал и методика

При моделировании пространственного распределения адвентивных видов на примере *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. в качестве источника предикторных переменных использовали биоклиматические растры Worldclim, а также семиканальные спутниковые снимки Landsat 5

Вышеупомянутые спектральные каналы снимков Landsat использовали для получения индексов NDVI и SAVI.

Помимо этого, производили трансформацию каналов (Tasseled-Cap Transformation) с получением нового набора каналов: В — «яркость», G — «зелённость» и W — «влажность»).

Кроме того, при анализе использовали другие растровые данные, полученные в среде ArcGIS: экспозиция, высота над уровнем моря (м), уклон (градусы), застроенность территории (%/км²), прр — чистая первичная продуктивность (кг-С/м²/год), топографический индекс влажности, удалённость точек пространства от населённых пунктов, дорог и водотоков и др. (рис. 1).

При моделировании пространственного распределения было использовано 100 точек мест произрастания *Paulownia tomentosa*, и аналогичное количество точек мест, где павлония не встречается.

Моделирование проводили с использованием различных методов регрессионного анализа: Boosted Regression Trees (BRT), Random Forest (RF), Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), Generalized Linear Model (GLM) и Maxent в среде Assisted Habitat Modeling (SAHM).

Оценка качества моделей была проведена в среде SAHM с построением ROC-кривых (Receiver Operating Characteristic) и их AUC (Area Under Curve). Значение AUC равное 0,5 свидетельствуют о том, что прогноз пространственного распределения вида, полученный в результате моделиро-



Рис. 1. Растр удалённости точек пространства от водотоков, полученный с помощью инструмента Euclidean distance (Эвклидово расстояние) в среде ArcGIS.

вания, носит случайный характер. Значения AUC от 0,5 до 0,7 указывают на слабую связь, в то время как значения AUC от 0,7 до 1,0 свидетельствуют о существенной точности моделирования пространственного распределения вида. Кроме того, производили расчёт PCC (Percent Correctly Classified), оценивающего чувствительность (Sensitivity) и специфичность (Specificity) на основе пороговых значений. При этом под чувствительностью понимается доля корректно классифицированных присутствий особей вида, а под специфичностью доля корректно классифицированных отсутствий особей вида. Показатель TSS (True Skill Statistic) рассчитывался следующим образом: $TSS = Sensitivity + Specificity - 1$.

Оценку влияния климатических изменений на пространственное распределение павловнии войлочной в будущем (2050 и 2070 годы) проводили в среде Maxent, используя растровые слои BIOCLIM, рассчитанные с использованием климатической модели CCSM4 для четырёх репрезентативных траекторий концентраций (RCP), разработанные Межправительственной группой по изменению климата (IPCC). RCP являются сценариями климатических состояний, характеризующими величину антропогенно обусловленного радиационного воздействия, достигаемого к 2100 году по сравнению с 1750 годом (2,6; 4,5; 6,0 и 8,5 Вт/м²). Согласно этим сценариям вероятные оценки увеличения глобальной температуры к концу 2100 года составят: 0,2–1,8°C (RCP2.6); 1,0–2,6°C (RCP4.5); 1,3–3,2°C (RCP6.0); 2,6–4,8°C (RCP8.5).

Результаты и их обсуждение

Павловния войлочная (*Paulownia tomentosa*) является удобным объектом для наблюдений, который способен внедряться в естественно-нарушенные экосистемы (вывалы деревьев, берега горных рек, нарушаемые во время паводков).

Графики ROC кривых, полученные в результате использования пяти методов анализа: Boosted Regression Trees (BRT), Random Forest (RF), Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), Generalized Linear Model (GLM) и Maxent в среде Assisted Habitat Modeling (SAHM) представлены на рисунке 2.

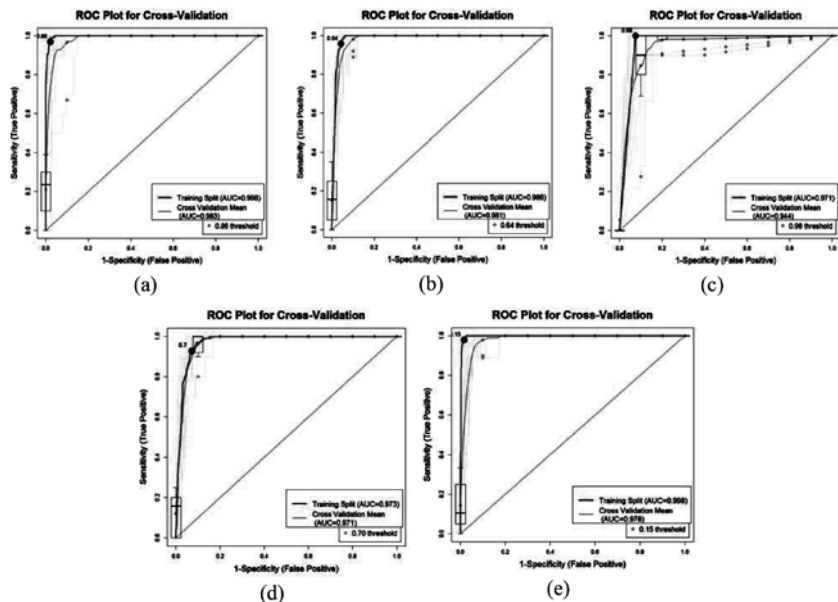


Рис. 2. ROC-кривые, полученные в результате моделирования с использованием различных методов регрессионного анализа: а – BRT (AUC=0,983), б – GLM (AUC=0,981), в – MARS (AUC=0,944), д – RF (AUC=0,971), е – maxent (AUC=0,978). Величины площадей, ограниченных ROC-кривыми (чёрные линии) и осями значений с нулевой степенью прогнозирования (синие линии) во всех случаях превышают 0,7.

Выявление мест, наиболее пригодных для произрастания павловнии провели посредством суммирования растров, полученных в результате использования всех методов анализа.

Результат суммирования бинарных карт, полученных в результате применения методов регрессионного анализа: BRT, RF, MARS, GLM и Maxent представлен на рисунке 3.

Согласно рисунку 3 наиболее пригодные места для произрастания павловнии войлочной преимущественно располагаются в долинах рек на высотных отметках от 20 до 240 метров над уровнем моря, хотя отдельные экземпляры вида могут встречаться на высотах 500 метров и более. Суммарная площадь территории Большого Сочи, наиболее пригодная для произрастания павловнии составляет 208 кв. км. (5,9%). Для всех пяти методов моделирования самыми эффективными предикторами из группы географических растров оказались высота над уровнем моря, топографический индекс влажности (TIV) и речная сеть; из биоклиматических растров Bioclim: годовая сумма осадков, максимальная температура самого тёплого месяца года, средняя температура самой сухой четверти года, сумма осадков во влажной четверти года; из спутниковых данных – снимок, сделанный в мае (полученный в результате Tasseled-Cap-трансформации, канал В – «яркость») (табл.1).

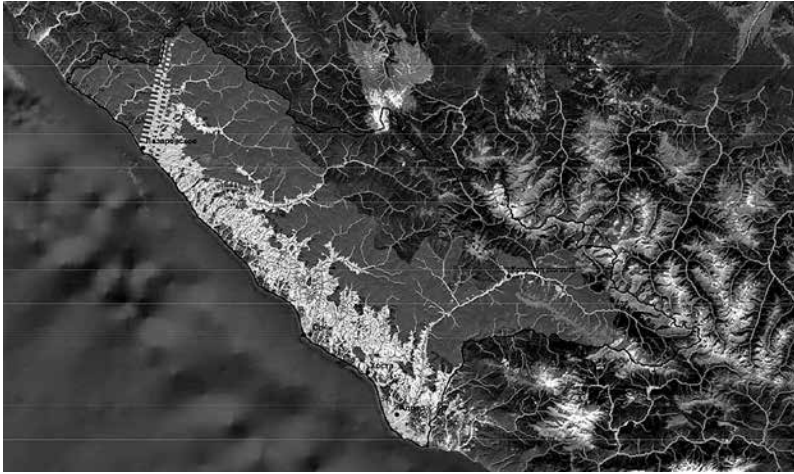


Рис. 3. Результат суммирования бинарных карт. Чёрная линия — граница Большого Сочи; зелёный цвет — территория ФГБУ «Сочинский национальный парк»; цвета: светло-зелёный, жёлтый, оранжевый и красный указывают на количество методов моделирования (BRT, RF, MARS, GLM и Maxent), свидетельствующих о пригодности территории для произрастания павловнии. Красным цветом обозначены участки пригодные для произрастания павловнии согласно всем, пяти использованным методам моделирования.

Таблица 1 — Эффективность предикторов

Предиктор	BRT	RF	MARS	Maxent
ALT	24.56	9.27	25.76	21.7
BIO12	16.87	8.85	29.81	15.6
TIV	12.66	14.13	45.72	18
BIO5	9.71	8.57	37.19	17.2
BIO9	7.69	8.87	100	7.9
BIO1	5.53	8.30	28.95	
BIO13	5.24	8.53	27.11	0.1
BIO16	5.09	8.84	52.32	
BIO4	4.08	7.66	23.72	3.4
soilph	2.40	7.58	31.07	0.1
railroads	2.05	5.14	24.75	
combined_may_11_Brightness	1.42	4.59		
BIO10		8.76	40.55	0.5
BIO6		8.44	45.11	0.2
BIO11		8.40	36.97	
combined_aug_11_B6			35.08	
combined_aug_11_B4			34.13	
combined_jul_11_SAVI			32.00	



Согласно результатам анализа MARS высокой предиктивной способностью обладают Каналы В4 (ближний инфракрасный) и В6 (тепловой инфракрасный).

Статистическая оценка эффективности использованных методов моделирования пространственного распределения вида *Paulownia tomentosa* свидетельствует об их высокой эффективности: $AUC > 0.7$, $PCC > 90.0$, $TSS > 0.69$.

Результаты прогностического моделирования пространственного распределения *Paulownia tomentosa* на 2050 и 2070, проведённого в среде MaxEnt, представлены в таблице 2 и на рисунке 4. В результате климатических изменений площадь, пригодная для произрастания Павловнии войлочной будет преимущественно увеличиваться.

Наиболее благоприятные условия для интенсивной экспансии Павловнии в аборигенные экосистемы будут отмечаться при сценарии климатических изменений RCP6.0. В то время, как самый экстремальный сценарий (RCP8.5) будет сопровождаться подавлением роста и развития *Paulownia tomentosa*.

Список литературы

1. Акатов В.В., Акатова Т.В., Шадже А.Е. 2012. Видовое богатство древесного и кустарникового ярусов прирусловых лесов Западного Кавказа с доминированием иноземных видов / Экология, №4. С. 276-283
2. Василевич В.И. 1991. Доминанты в растительном покрове // Бот. Журн., Т.76.- №12.- С. 1674-1681.

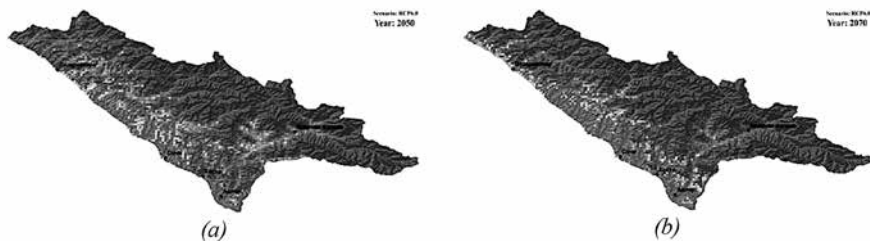


Рисунок 4- Вероятность соответствия климатических и экологических условий местности биологическим требованиям Павловнии Войлочной: (а) – 2050 год, (б) – 2070 год (сценарий RCP6.0).

Таблица 2 - Влияние климатических изменений на распространение Павловнии войлочной на территории Большого Сочи

Сценарий	Площадь Большого Сочи, пригодная для произрастания <i>Paulownia tomentosa</i> , км ²	
	2050	2070
RCP2.6	120,045	281,043
RCP4.5	226,119	241,374
RCP6.0	251,494	427,596
RCP8.5	85,136	72,909

3. Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. 2009. Чёрная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М.: ГЕОС. 494 с.
4. Сенатор С.А. Костина Н.В., Саксонов С.В. 2013. Зависимость видового разнообразия урбанофлор от ряда факторов // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», вып. 2. с. 23-29.
5. Chytrý M., Maskell L.C., Pyšek P. 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe // *Journal of Applied Ecology*, №45. p. 448–458.
6. Davidson A.M, Jennions M., Nicotra A.B. 2011. Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis // *Ecology Letters*, №14. p.419- 431.
7. Elton C.S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants // Methuen. London. 181 p.
8. Gassmann A. 1995. Europe as a source of biological control agents of exotic invasive weeds: status and implications // *Bull. Soc. Entomol. Suisse* Vol. 68, N 3-4. P. 313-322.
9. Goodman D. 1975. Theory of diversity–stability relationships in ecology // *Quarterly Review of Biology*, №50.- P. 237–266.
10. Hayasaka D., Akasaka M., Miyauch D. 2012. Qualitative variation in roadside weed vegetation along an urban–rural road gradient // *Flora*, p. 126-132.
11. Hulme Ph.E., Hester R.E. 2007. Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses // *Biodiversity under threat*. Cambridge: Royal Soc. Chem, P. 56-78.
12. Pimm S. L. 1979. Structure of food webs // *Theoretical Population Biology*, №16. P. 144–158.
13. Pyšek P., Richardson D. M., Rejmánek M., Webster G. L., Williamson M., Kirschner J. 2004. Alien plant in checklist and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists // *Taxon*, Vol. 53. № 1. P. 131-143.
14. Rejmanek, M. 1996. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch // *Biological Conservation*, № 78. P. 171–181.
15. Rejmanek M., Richardson D.M., Pysek P. 2005. Plant invasions and invisibility of plant communities // *Vegetation ecology*.- Oxford: Blackwell, 2005.- P. 332–355.
16. Richardson D.M., Pyšek P. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invisibility // *Progress in Physical Geography*, 2006.- V. 30.- № 3.- P. 409-431.
17. Schroeder F.G. 1969. Zur Klassifizierung der Anthropophoren // *Vegetatio*, V. 16, № 5–6. P. 225–238.
18. Simberloff D. Invasion biology. Critique of a pseudoscience // *Ecological Economics*. 2004.- №48.- P. 360–362.



РАЗДЕЛ 2

ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КУРШСКАЯ КОСА»

*Никитина А.Д. *, Князева С.В. ***

**Московский государственный университет имени*

М.В.Ломоносова, г. Москва,

*** Центр экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва*

Цель исследования - оценка изменений площадной структуры основных типов растительного покрова национального парка "Куршская коса" за период 2007–2017 гг. на основе мультиспектральных спутниковых данных высокого пространственного разрешения.

Около 70% природных ландшафтов Куршской косы относятся к категории слабоустойчивых, неустойчивых и сильно неустойчивых, что связано с постоянными интенсивными водно-ветровыми эрозионными и антропогенными воздействиями (Шаплыгина, Волкова. 2017¹), поэтому мониторинг состояния растительности, являющейся основным стабилизирующим компонентом экосистемы Куршской косы, - важная составляющая природоохранной деятельности национального парка.

Для анализа и картографирования динамики растительного покрова Куршской косы использовались разновременные космические снимки с пространственным разрешением 10 м, полученные со спутников Alos и Sentinel. Даты съемки выбраны ближе к середине вегетационного периода. Материалы съемки соответствуют уровню предварительной обработки 1С с нулевой облачностью и представлены в проекции UTM 34 (WGS 84). Дополнительная обработка спутниковых данных, проведенная средствами пакетов ERDAS IMAGINE и ArcGIS, включала в себя синтез зональных изображений, вырезание фрагмента многозонального изображения на территорию НП, совмещение с лесоустроительными данными. В качестве наземных данных для обучения и проверки точности классификации использованы таксационная база данных лесоустройства 2003 г. НП «Куршская коса» и данные полевых наземных обследований лесной растительности в 2017 году.

Для классификации космических снимков Alos и Sentinel 2 выбран алгоритм иерархической классификации с обучением Random Forest («Случайный лес»), реализованный в среде RStudio. Репрезентативные наборы эталонов сформированы для 11 классов: водные объекты; открытые песчаные дюны и пляж; псаммофильная растительность на дюнах; луговая растительность; не сомкнувшиеся культуры сосны; сосняки молодые (10–50 лет); сосняки средневозрастные (51–90 лет); сосняки старовозрастные (91–40 лет); еловые леса; березняки;

¹ Шаплыгина Т. В., Волкова И. И. Геоэкологические аспекты рекреационного природопользования в национальном парке «Куршская коса» Сб. материалов всероссийской научно-практической конференции «Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России», калининград, Изд-во БФУ им. Им. И. Канта, 2017, с. 128-134



черноольховые леса. Применение метода Random Forest показало хорошие результаты распознавания основных природных объектов на территории Куршской косы — общая оценка достоверности классификации по коэффициенту Каппа около 0,8. Большинство классов лесной растительности распознается с достоверностью более 70 %.

По результатам классификаций проведена оценка и картографирование изменения растительного покрова на основе расчета показателей динамики (лесистость территории, доля хвойных пород в древостое, доля песков, покрытых растительностью и доля развеваемых песков) основных типов растительности, рассчитанных в границах лесотаксационных кварталов. Выявлены участки с наиболее высокими изменениями показателей ($\pm 10\%$), которые обусловлены как абиотическими, так и антропогенными факторами.

Таким образом, использование мультиспектральных спутниковых данных высокого пространственного разрешения позволили количественно оценить изменения площадных характеристик растительного покрова за 10-летний период и составить карты динамики основных показателей мониторинга экосистем на территории национального парка, которые дают представление об интенсивности и направленности динамических процессов природного и антропогенного происхождения, влияющих на устойчивость наземных экосистем полуострова. Участки с высокими значениями динамики показателей в негативном тренде, ведущим к снижению устойчивости природных комплексов, требуют более детальных материалов съемки и анализа экологического состояния территории.

СОЗДАНИЕ КАРТ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ARCGIS ONLINE

Жигалина В.В.

Белорусский государственный университет

В последнее время динамично развивается направление интернет-картографирования, позволяющее в реальном времени через всемирную сеть Интернет получать электронную картографическую информацию по изучаемой территории в любой точке мира. Компьютерные сети, так же как когда-то издание карт, позволили увеличить аудиторию пользователей картографической продукцией. Интерактивная природа Интернета позволила специалистам в области геоинформационных технологий применить эту особенность в целях создания ГИС с возможностями удаленного доступа к геоданным без применения особых информационно-технологических инфраструктур.

В настоящее время веб-картография представлена отсканированными картами, картографическими ресурсами (Интернет-ГИС), веб-картографическими сервисами и геопорталами. ArcGIS Online — облачная, объединенная система управления содержанием для работы с географической информацией от компании ESRI. Платформа предоставляет собой интуитивно понятную, безопасную, открытую, настраиваемую инфраструктуру для создания веб-карт и веб-обработки геоданных, обеспечения общего доступа к картам, данным и приложениям.

Так как ArcGIS Online в первую очередь предназначена для публикации карт в сеть Интернет, а также для создания веб-приложений, то первые этапы создания карт осуществлялись в программной среде ArcGIS 10.3 for Desktop, в частности программами ArcCatalog и ArcMap.

Первым этапом создания карт охраняемых территорий было создание файловой базы геоданных, в которой был создан набор классов объектов, содержащий следующие классы пространственных объектов: «Границы», «Национальные парки», «Заповедники», «Заказники» и «Физико-географическое районирование». Для набора классовых объектов была выбрана система координат WGS 1984 UTM Zone 35N, так она была использована при создании карты ООПТ, использованной в следующем шаге, а также в она наиболее подходит для картографирования территории Беларуси.

Следующим этапом являлась векторизация растровых изображений с помощью программы ArcMap 10.3. Для этого был создан новый проект, в который были добавлены все слои, созданные до этого в ArcCatalog, а также отсканированная в высоком разрешении карта ООПТ Республики Беларусь и карта физико-географического районирования республики.

После этого необходимо было заполнить таблицу атрибутов слоев «Национальные парки», «Заповедники» и «Заказники». Нужная информация была получена на сайте информационного ресурса «Особо охраняемые природные территории Республики Беларусь».

Для того чтобы добавить слой в ArcGIS Online нужно классы пространственных объектов пересохранить как шейп-файлы, а после этого сохранить этот файл в zip-папке. Чтобы пересохранить классы пространственных объектов как шейп-файлы была использована функция «Экспорт данных», выбиралась но-



вая директория для сохранения, а в поле «Сохранить как тип» выбиралось поле «шейп-файл». После этого все файлы были пересохранены в zip-папки.

Следующие этапы создания карт проходили непосредственно в ArcGIS Online. Для начала необходимо зайти в систему под своей учетной записью, так как без авторизации невозможно опубликовывать данные.

В ArcGIS Online уже содержится огромное количество пространственных данных, которые можно использовать в своей работе, которые были подготовлены Esri и другими пользователями и организациями со всего мира. Поэтому подложка для будущих карт была найдена в каталоге (World Topographic Map), как и слой административной границы республики.

В ArcGIS Online были опубликованы 3 карты: размещение основных ООПТ по территории Беларуси, распределение охраняемых территорий по областям и физико-географическим районам.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАРАСТАНИЯ ОЗЕР НП «НАРОЧАНСКИЙ» С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Колбун Д.А.

*Белорусский государственный университет, географический факультет,
г. Минск, Беларусь*

Озера НП «Нарочанский» представляют собой культурную, природную и рекреационную ценность, являются главным объектом охраны и исследований на территории парка. В тенденции увеличения антропогенного влияния на озерные геосистемы НП «Нарочанский» изучение их экологического состояния играет большую роль в поддержании благоприятных условий окружающей среды.

Характер и особенности зарастания озер являются прямым индикатором их экологического состояния. Площади зарастания, распространение высшей водной растительности (ВВР), ее видовой состав, обилие и состояние могут служить признаками экологических проблем и качественных изменений среды ее обитания. Изучение ВВР играет большую роль в мониторинге экологического состояния озер.

Целью данной работы является оценка современного состояния и динамики зарастания озер НП «Нарочанский» при помощи данных ДЗЗ на примере озер Нарочь, Мядель, Свирь.

В ходе исследования, при помощи данных ДЗЗ и программных средств ArcGIS, выполнены работы по картированию ВВР озер. Составлены карты зарастания. Проведен сравнительный анализ различных методов картирования ВВР – автоматизированное дешифрирование, расчет индекса NDVI, ручное картографирование.

Для изучения растительности озер, был применен метод расчета индекса NDVI, визуальное изучение ДДЗ и метод автономной классификации и картирования растительности в среде ArcGIS. Использовались снимки исследуемой территории, полученные системой спутникового позиционирования Landsat 7. При помощи программы ArcGIS был произведен расчет индекса NDVI. После анализа полученных результатов была составлена карты растительности озер.

Визуальное изучение данных ДЗЗ выполнено при помощи среды ArcGIS Online. После изучения представленного там снимка, была составлена карта надводной растительности и растительности с плавающими листьями.

Третий метод картирования растительности – автоматизированное дешифрирование в среде ArcGIS. Для его получения был использован композит каналов 4, 5, 3 снимка исследуемой территории. Далее при помощи ArcGIS были выбраны эталонные полигоны и проведена интерактивная контролируемая классификация.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что наиболее эффективным способом картографирования ВВР является ручное картографирование. Общим недостатком всех описанных выше методов является сложность в изучении подводной растительности.



РАСПРОСТРАНЕНИЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В ЗОНАХ С ОСОБЫМ РЕЖИМОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ УШАЧСКОГО РАЙОНА

Новикова Ю.И., Кривко В.В., Высоцкий Ю. И., Торбенко А.Б.

*УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»,
г. Витебск, Республика Беларусь, email: vlada.krivko@mail.ru*

Целью данной работы является оценка степени загрязнения земель с особым режимом природопользования борщевиком Сосновского на основе ГИС. В процессе работы решались следующие задачи:

- дана характеристика земель Ушацкого района с точки зрения особенностей природопользования;
- проведена инвентаризация мест произрастания борщевика Сосновского на землях с особым режимом природопользования (ОРП);
- проанализирован уровень распространения борщевика на природных территориях, подлежащих специальной охране.

Распространение инвазивных видов на территории Беларуси давно стало проблемой, требующей особого внимания. Сегодня как никогда влияние инвазии находится на максимальном уровне. Следствием быстрого распространения инвазии является: засорение и вывод из хозяйственного оборота больших по площади территорий, изменение состава сообществ аборигенных организмов, непосредственное негативное влияние на человека и животных некоторых растений и животных.

К наиболее агрессивным инвазивным видам, среди растений, относится борщевик Сосновского, взаимодействие с которым напрямую опасно для здоровья, а в редких случаях, и жизни человека.

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) является самым агрессивным инвазивным видом на территории центральной и восточной Европы. Он представляет из себя очень крупное растение (от 1 до 4 м), со стержневой корневой системой (около 30 см). Соцветие у Борщевика Сосновского — крупный сложный зонтик, на каждом из которых располагается до 150 цветков. Исходя из этого, на одном растении может быть до 80 000 цветков, что означает появление огромного количества плодов к концу вегетативного периода. Семена распространяются как и самостоятельно, так и с помощью человека.

Осенью и зимой Борщевик находится в состоянии покоя. Дождавшись весны, а конкретно 2–4 °С, начинается развитие эмбриона (2–3 месяца). После этого, происходит активный рост растения при благоприятных ему температурах, а точнее от 1 до 10 °С (при некоторых экспериментах, произрастание было выявлено и до –4 °С).

Наличие у Борщевика эфирных масел и смол, даёт ему свободное, бесконкурентное произрастание на захваченной территории. Соответственно, благодаря этому аллелопатическому действию, происходит последующий захват всё больших и новых территорий. Для человека, опасность заключается в том, что в растениях, накапливаются вещества фурукумарины, которые под влияние ультрафиолета, способны усиливать пигментацию кожи и вызывать её повреждения. Эфирные масла и кумарины, выделяемые в воздух борщевиком, могут

вызывать головные боли, головокружение, тошноту и рвоту. Запах так же опасен — у аллергиков он может вызывать отёк гортани и удушье.

Исходя из вышесказанного, проблема инвентаризации, определения наиболее действенных методов борьбы и мониторинга территорий, пораженных инвазией, одна из наиболее актуальных в перечне экологических проблем нашей страны.

Витебская область лидирует среди других областей Беларуси по площадям, занимаемым борщевиком Сосновского. На территории Ушачского района наблюдается сильное «засорение» борщевиком Сосновского, что ставит под угрозу возможность использования в хозяйственной деятельности данные земли. Одним из основных направлений использования земель Ушачского района является туризм и рекреационная деятельность, что не может быть осуществимо при повсеместном распространении борщевика Сосновского. Кроме того, на территории Ушачского района выделяют ряд территорий с особым режимом природопользования, что связано с нахождением в этом районе множества природных объектов значимых с экологической, эстетической либо хозяйственной точки зрения.

Согласно закону Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» выделяются следующие природные территории, подлежащие специальной охране:

1. Курортные зоны;
2. Зоны отдыха;
3. Парки, скверы и бульвары;
4. Водоохранные зоны и прибрежные полосы рек и водоемов;
5. Зоны санитарной охраны месторождений минеральных вод и лечебных сапропелей;
6. Зоны санитарной охраны водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, зоны санитарной охраны в местах водозабора;
7. Рекреационно-оздоровительные и защитные леса;
8. Типичные и редкие природные ландшафты и биотопы;
9. Верховые болота, болота, являющиеся истоками водотоков;
10. Места обитания диких животных и места произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь;
11. Природные территории, имеющие значение для размножения, нагула, зимовки и (или) миграции диких животных;
12. Охранные зоны особо охраняемых природных территорий;
13. Иные территории, для которых установлен специальный режим охраны и использования.

В ходе анализа данных по распространению борщевика Сосновского на территории Ушачского района было выявлено, что около половины занимаемых инвазией территорий являются землями с ограниченным природопользовательским режимом (рис.1). На основе данных полевых исследований и работы с материалами ДЗЗ была сформирована база данных, содержащая подробную информацию о местонахождении, состоянии и перспективе развития конкретных колоний инвазии, борщевика в частности, в том числе на землях с особым режимом природопользования.

Работы выполнялись в следующем порядке:

1. Этап полевых исследований (инвентаризация земель загрязненных борщевиком);
2. Внесение данных в ГИС (подготовка топографических карт, «отрисовка» колоний, заполнение базы данных согласно классификатору);

3. Выделение центров, очагов и отдельных колоний для систематизации первичной информации;
4. Запрос в ЗИС пересечений территорий зараженных борщевиком и границ исследуемых типов земель (природные территории, подлежащие специальной охране);
5. Анализ полученных данных, представление отчетов.



Рис. 1 Загрязнение Ушачского района борщевиком Сосновского

Ушачский район является самым засорённым не только в Витебской области, но и во всей республике. По-средством анализа, было выявлено, что около 50% зараженных борщевиком земель, принадлежит ОАО «Ушачский райагросервис» и Коммунальному унитарному сельскохозяйственному предприятию Витебской области «Глыбочаны». Степень распространения борщевика на территориях Коммунального унитарного предприятия Витебского области «Ореховно» примерно 15% от всех поражённых земель. Самый наименьший процент земель, охваченных борщевиком находится во владениях Сорочинского, Великодолецкого и Кубличенрского сельских Советов.



Рис. 2. Загрязнение борщевиком природных территорий, подлежащих специальной охране.

Среди территорий с особым природоохранным режимом наиболее пострадавшими от борщевика являются водоохранные зоны рек и водоемов (около 85% земель, подлежащих особой охране). Еще около 10% земель приходится на прибрежные полосы водоемов и рек. На территории заказников и памятников природы, зоны санитарной охраны в местах водозабора и пр. земли придется в общем менее 5 % (рис. 2).

Таким образом, использование ГИС при изучении инвазивного загрязнения территории Ушачского района позволяет сделать следующие выводы:

- на территории Ушачского района борщевиком поражено более 11 тыс. га земель;
- более половины загрязненных земель относятся к категории природных территорий, подлежащих специальной охране;
- необходимо проведение неотложных мероприятий по борьбе с распространением борщевика, особенно в зонах прилегающих к водоемам и водотокам.

УДК 912.43(476.5)

ТЕРРИТОРИИ С ОСОБЫМ РЕЖИМОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СХЕМЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ Г. ВИТЕБСКА

Соколовский Е. В., Торбенко А.Б.

*Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь, email: torbenko_a@mail.ru*

В течение последних 5 лет на кафедре экологии проводится работа по созданию комплексной геоинформационной системы с данными по состоянию окружающей среды г. Витебска.

Первый этап практически закончен – создание векторной карты г. Витебска с основными топографическими слоями. В настоящее время проводится работа по созданию электронной карты функционального зонирования города, тематических слоев по состоянию атмосферы, геоморфологии города и т.д. Именно в рамках данной работы осуществляется данный проект по выделению природных территорий, подлежащих специальной охране (ПТПСО).

Объектом модельного исследования выбран Октябрьский район г. Витебска и пригородные территории до объездной дороги.

Предмет исследования – природные территории, подлежащие специальной охране в городе Витебске и зоне его непосредственного влияния.

Цель: установить территории в пределах Октябрьского района г. Витебска подлежащие специальной охране в целях сохранения полезных качеств окружающей среды в соответствии с законом об ООС Республики Беларусь.

Были поставлены следующие задачи:

- используя открытые сетевые ресурсы, ЗИС РБ и другие источники создать электронную карту района исследований с послойным отражением основных элементов топографии территории;
- разработать классификатор и структуру ГИС для выполнения схемы детального функционального зонирования территории;
- выделить в пределах района исследований территорий, подлежащих специальной охране в целях сохранения полезных качеств окружающей среды в соответствии с законом об ООС РБ
- разработать рекомендации по унификации материалов ЗИС с законом об ООС.

В ходе работы использовался широкий спектр программного обеспечения:

1. SAS Планета – кеширование данных открытых сетевых ресурсов, предварительное формирование растровой основы карты.
2. LightShot – получение данных ЗИС Республики Беларусь методом выборки раstra путём сохранения участков раstra фиксированного шага.
3. PhotoScare – объединение фрагментов раstra в единый файл.
4. EasyTrace – корректировка искажений электронной версии топокарты советского периода издания, векторизация растровых данных, создание единой системы геопривязки.
5. QGIS – корректировка и подгонка векторных слоёв ГИС.
6. ArcGIS – формирование структуры баз данных ГИС.



В ЗИС выделены следующие территории, подлежащие специальной охране:

1. Прибрежные полосы рек.
2. Прибрежные полосы водоемов.
3. Водоохранные зоны рек.
4. Водоохранные зоны водоемов.
5. Санитарно-защитные полосы водоводов.
6. Зоны санитарной охраны источников.
7. Земли рекреационного назначения.
8. Земли оздоровительного назначения.
9. Земли историко-культурного назначения.
10. Земли природоохранного назначения.

Природные территории, подлежащие специальной охране согласно закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды»:

1. Курортные зоны;
2. Зоны отдыха;
3. Парки, скверы и бульвары;
4. Водоохранные зоны и прибрежные полосы рек и водоемов;
5. Зоны санитарной охраны месторождений минеральных вод и лечебных сапропелей;
6. Зоны санитарной охраны водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, зоны санитарной охраны в местах водозабора;
7. Леса первой группы, особо защитные участки лесов второй группы;
8. Типичные и редкие природные ландшафты и биотопы;
9. Верховые болота, болота, являющиеся истоками водотоков;
10. Места обитания диких животных и места произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу РБ;
11. Природные территории, имеющие значение для размножения, нагула, зимовки и (или) миграции диких животных;
12. Охраняемые зоны особо охраняемых природных территорий;
13. Иные территории, для которых установлен спецрежим охраны и использования.

Уже на первый взгляд в глаза бросается несоответствие классификаций природных территорий, подлежащих специальной охране. Данное несоответствие создает ряд проблем при проведении работ в сфере функционального зонирования, что в свою очередь влечёт за собой повышенную вероятность ошибок, допущенных при городском планировании при использовании ГИС-платформы.

С целью унификации классификаций ПТПСО была предложена новая система классификации зон, учитывающая в первую очередь закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», при этом учитывающую специфику информации ЗИС РБ.

Таким образом в схему функционального зонирования г. Витебска были включены следующие категории:

1. Водоохранные зоны рек и водоемов (прибрежные полосы, собственно водоохранные зоны);
2. Зоны санитарной охраны (месторождений минеральных вод и лечебных сапропелей, водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, водозаборов);
3. Зоны рекреационного назначения (курортные зоны; зоны отдыха; парки, скверы и бульвары);
4. Зоны историко-культурной значимости;

5. Земли природоохранного назначения (леса 1 группы, особо защитные участки лесов 2 группы; типичные и редкие природные ландшафты и биотопы; верховые болота, истоки водотоков; места обитания (произрастания) видов относящихся к видам, включенным в Красную книгу РБ; природные территории, имеющие значение для размножения, нагула, зимовки и (или) миграции диких животных; ООПТ);
6. Иные территории, для которых установлен специальный режим охраны и использования.

Первым этапом на пути осуществления проекта стало создание топографической основы ГИС. Источником данных о рельефе и гидрологических объектах города стали топографические карты города, представленные в виде растров, снятых с бумажных носителей. Источником данных о городской застройке и дорожной сети стали открытые сетевые ресурсы дистанционного зондирования земли OpenStreetMap, Google Earth. Данные о природоохранных зонах города были получены из ЗИС Республики Беларусь. Данные вышеуказанных источников были преобразованы в векторный формат с помощью программы EasyTrace.

Второй этап - выделение функциональных зон города с учётом пространственного распределения ключевых объектов производственной, рекреационной, природоохранной, селитебной, транспортной и иной инфраструктуры.

Следующим этапом реализации проекта стало создание классификатора ПТПСО и его заполнение. Работы по данному этапу проводились с использованием программных продуктов ArcGis.

Стоит отметить ряд сложностей, с которыми мы столкнулись на пути создания ГИС-платформы. К таковым относятся: повышение скорости получения данных открытых сетевых ресурсов, устранение искажений, возникающих при оцифровке бумажных носителей, несоответствие данных бумажных носителей с данными дистанционного зондирования Земли, автоматизация процесса векторизации однотипных объектов, корректировка векторных слоёв топоосновы, быстрое устаревание данных о застройке и дорожной сети.

По результатам исследования установлено, что контуры функциональных зон города, установленных генпланом, охватывают установленные нами в процессе исследования аналогичные по назначению зоны. Однако, функциональное зонирование территории Октябрьского района, выполненное нами, обладает более высокой детальностью. Кроме того, ГИС-платформа, в силу векторного характера организации данных, обладает возможностью практически неограниченного масштабирования рабочей области, что делает возможным дальнейшее увеличение детальности карты.

Контуры природоохранных зон полностью охватывают аналогичные и близкие по назначению и режиму охраны зоны, выделенные в ЗИС. В перечень природных территорий, подлежащих специальной охране, внесен ряд объектов, не выделенный в ЗИС, однако подпадающий под соответствующие объектам типы природоохранных зон, обозначенных в законе Республики Беларусь «Об охране окружающей среды».

Таким образом, в ходе выполненных исследований нами:

- построена базовая топографическая основа, включающая данные по гидрографии, рельефу, дорожной сети и застройке города. Данные соответствующих слоёв представлены в векторном формате;
- создана отдельная группа слоёв ГИС «функциональное зонирование г. Витебска», а также созданы и заполнены соответствующие базы данных;



- создана классификация природных территорий, подлежащих специальной охране, которая соответствует системе, обозначенной в законе Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», включая в себя при этом классификацию, учитывающую экологические особенности конкретной местности, а также существующую классификацию ЗИС. Соответствующий слой карты представляет двойственный интерес. С одной стороны, данные этого раздела ГИС помогают более корректной работе системы городского управления, с другой же стороны данные пространственного распределения ПТПСО в совокупности с данными о функциональном зонировании города предоставляют широкое поле деятельности в сферах анализа пространственного распределения данных территорий, анализа приуроченности ПТПСО отдельным функциональным зонам города, прогнозирования развития данных зон, а также мониторинга их состояния, предотвращения негативного влияния человека.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗЕЛЕННОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА НА ПРИМЕРЕ АГ. РАКОВ

Тетёркина А.П.

*Белорусский государственный университет, географический факультет,
г. Минск, Беларусь*

Введение. ГИС используются для решения самого широкого круга задач, основные из которых можно сгруппировать следующим образом: поиск и рациональное использование природных ресурсов; планирование и управление размещением промышленности, транспорта, сельского хозяйства, энергетики и др.; мониторинг экологических ситуаций и опасных природных явлений, оценка воздействий на среду и их последствий, обеспечение экологической безопасности страны и регионов; контроль условий жизни населения, здравоохранения, социальное обслуживание и т.п.; обеспечение деятельности органов власти, политических партий, средств массовой информации; научные исследования и образование; создание тематических карт и атласов, обновление карт, оперативное картографирование.

В данной статье раскрывается тема использования ГИС в туризме, рассматриваются особенности построения туристических зеленых маршрутов, в одной из наиболее перспективных и развивающихся сфер. Целью проекта было выявить особенности и условия использования геоинформационных систем в при построении туристического зеленого маршрута на примере аг. Раков.

Концепция зеленых маршрутов. На современном мировом и отечественном туристическом рынке четко проявляется тенденция расширения спроса на «зеленые» виды путешествий, предполагающие познание естественных природных ландшафтов и аутентичных элементов культурного наследия в сочетании с активным отдыхом в благополучной экологической среде, приобретением нового жизненного опыта и впечатлений в процессе общения не с обслуживающим персоналом отелей и ресторанов, а с местными жителями — носителями традиционной этнокультуры [6].

В соответствии с Лилльской Декларацией, принятой Европейской Ассоциацией Зеленых Маршрутов 12 сентября 2000 г., под зеленым маршрутом понимается «маршрут, предназначенный для передвижения туристов исключительно немоторизованными транспортными средствами, созданный и развивающийся таким образом, чтобы объединить и охранять баланс между состоянием окружающей среды и уровнем жизни населения региона [10]. Такие маршруты должны отвечать определенным стандартам для того, чтобы одновременно соответствовать экологическим факторам и обеспечивать безопасность передвижения туристов с разными физическими возможностями». Они координируются местными сообществами, являются основой для реализации местных инициатив социального характера и проектов, связанных с сохранением природных ландшафтов, культурного наследия, с экологическим туризмом и транспортом, не загрязняющим окружающую среду. Зеленые маршруты в равной степени отвечают потребностям местных жителей и туристов, внося вклад в оживление локальной экономики.

Разработка проекта. Первый этап создания маршрута — подготовительный. Была собрана вся актуальная информация по достопримечательностям Ракова, их истории, размещению с помощью библиографических источников и дан-



ных сети Internet. Дальнейшая работа по оцифровке местности, нанесению основных объектов и созданию карты осуществлялась в программном продукте ArcGIS Desktop ArcMap 10.3.

Для начала работы было необходимым создать проект, определить его геопривязку. Для создания проекта маршрута устанавливалась система координат WGS 1984 UTM Zone 35N равноугольной цилиндрической проекции Меркатора, наиболее оптимальная и удобная для исследуемой территории. В документ проекта были загружены подготовленные заранее и необходимые для построения маршрута данные: граница аг. Раков, здания в пределах агрогородка, дорожная и речная сеть Воложинского района, а также водные объекты. Шейп-файл дорожной сети обладал всей необходимой атрибутивной информацией: тип дороги, максимально допустимая скорость, покрытие. Также весьма информативен и шейп-файл, содержащий информацию о зданиях в пределах агрогородка: этажность, функционал. Основой для шейп-файлов стала база данных веб-картографического интернет-сервера OpenStreetMap.

Первоначально были нанесены все имеющиеся достопримечательности Ракова: памятник павшим польским солдатам, часовня Святой Анны, еврейское кладбище, старое православное кладбище, городище (остатки земляных укреплений замка XVII в.), памятник павшим воинам Красной армии и партизанам, памятник Иоанну Павлу Второму, музей-галерея "Янушкевичи", костел Руженцовой Богородицы, церковь преображения Господня, Раковский центр народного творчества, усыпальница Друцких-Любецких, часовня с родниковым источником, ледниковый конгломерат у трассы Минск-Воложин, остатки фундамента почтовой станции. Для удобства восприятия достопримечательности были обозначены общим условным знаком, также для полноты информации о внешнем облике достопримечательности в атрибутивной таблице было добавлено поле с ссылками на фотографию. Было добавлено местоположение главной транспортной точки агрогородка- автостанции "Раков".

Учитывая специфику расположения достопримечательностей, конфигурацию планировки агрогородка, особенность дорожной сети рациональным оказалось решение о проектировании туристического зеленого маршрута двух типов: велосипедного и пешего. При создании велосипедного маршрута учитывалось покрытие дорог, доступность той или иной достопримечательности, также приблизительное время, необходимое для осмотра, и дополнительные факторы (плотность автомобильного трафика, особенности правил дорожного движения).

Нужно отметить, что последовательность достопримечательностей была выбрана с учетом их нахождения относительно друг друга, близости к дорогам. Транспортное движение в черте города относительно небольшое, поэтому можно судить о достаточном уровне безопасности для велотуристов. Однако путь к последнему пункту — ледниковому конгломерату у шоссе Минск-Воложин — потребовал особой проработки. Во-первых, это место наиболее удаленное ото всех и находится за чертой города, во-вторых, подъезд к данному месту возможен только по трассе шоссе Воложин-Минск, где наблюдается активное автомобильное движение, что может повлиять на уровень безопасности туристов. Поэтому наиболее правильным решением было поставить данную достопримечательность в конец маршрута, т.к. велотуристы смогут посетить все места агрогородка Раков и следовать к ледниковому конгломерату, последней точке маршрута, при этом предвигаясь на велосипеде вдоль шоссе Воложин—Минск навстречу движущемуся транспорту.

При создании пешего маршрута учитывалась густота размещения знаковых мест в аг. Раков, расстояние между ними, покрытие и тип дорог. Определение начала пешего маршрута обуславливалось близостью автостанции “Раков”. Принимая во внимание данные факторы, был составлен пеший маршрут из 10 достопримечательностей в следующем порядке: музей-галерея “Янушкевичи”, церковь преображения Господня, памятник павшим польским солдатам, костел Руженцовой Богоматери, памятник Иоанну Павлу Второму, городище (укреплений замка XVII в.), остатки фундамента почтовой станции, еврейское кладбище, усыпальница Друцких-Любецких, часовня Святой Анны. Заканчивается маршрут у вышеназванной часовни, недалеко от которой находится автобусная остановка межгородских автобусных линий.

Каждый из типов зеленого маршрута был обозначен уникальным условным обозначением, как и автобусная станция “Раков”. С помощью полученных данных была определена характеристика каждого из типов маршрута: длина маршрута, количество достопримечательностей, время прохождения маршрута и средняя скорость по маршруту (таблица).

В итоговой картосхеме, служащей как пример готового туристического продукта, цифрами были обозначены все 15 достопримечательностей, добавлены условные обозначения конца и начала маршрутов, легенда, название картосхемы, значок направления на север, две фотографии и герб агрогородка (рисунок 1).

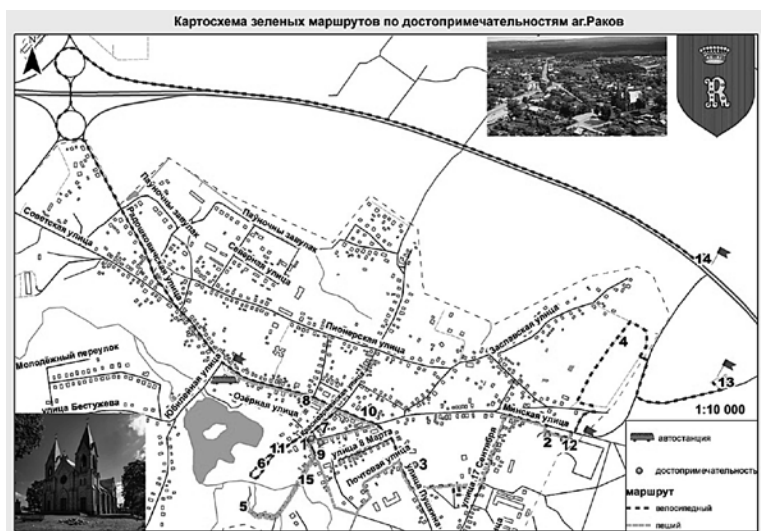


Рисунок 1. Картосхема зеленых маршрутов по достопримечательностям аг. Раков

Тип зеленого маршрута	Длина маршрута, км	Количество достопримечательностей	Время прохождения маршрута, ч	Средняя скорость движения по маршруту, км/ч
велосипедный	9,3	15	1,87 (1 ч 52 мин)	15
пеший	3,4	10	1,51 (1 ч 30 мин)	5



Полученные данные пешего и велосипедного маршрутов по знаковым местам агрогородка Раков в дальнейшем могут послужить основой для создания экскурсионного маршрута, туристической ГИС, веб-приложения, которые будут полезны как для туристических операторов при проработке экскурсий и туров в Воложинском районе, так и для обычного туриста, планирующего путешествие и отдых.

Выводы. Применение ГИС — анализа и технологий в туристической сфере позволит упростить деятельность авиакомпаний, туроператоров, гостиниц и турагентов, а также рассмотреть их компоненты как единую производственную систему. Рациональным будет также и использование ГИС при создании экологически чистых туристических маршрутов — нового развивающегося направления в туристической сфере. ГИС при их внедрении в индустрию туризма смогут снабжать путешественника детальной и актуальной информацией, предоставлять небольшим туристским организациям возможности недорого и эффективно продвигать на рынок свои услуги и предложения, обеспечивать недорогой способ туристским организациям распространять информацию посредством мобильных ГИС, а также создавать пространственные базы данных о природно-климатических, рекреационных, культурно-исторических характеристиках и прочей информации нормативно-справочного характера.

Литература

1. Туристская энциклопедия Беларуси / редкол. Г. П. Пашков [и др.]; под общ. ред. И. И. Пирожника. — Мн., 2007. — 648 с.
2. <https://eurovelo.by> — Дата доступа 23.03.2018
3. <http://bike.org.by/ru/projects/velomarshrut-volozhinskie-gostincy> — дата доступа 20.02.2018
4. Геоинформатика: учебное пособие / Лайкин В.И., Упоров Г.А. — Комсомольск-наАмуре: Изд-во АмГПГУ, 2010. — 162 с.
5. Региональные тенденции и факторы развития агроэкотуризма Брестской, Минской и Гродненской областей/Под общ. Ред. А.В.Шадрасова, И.Н.Шарухо; коллектив авторов-сост.—Минск: Смэлтоп, 2015.— 86 с.
6. <http://www.greenways.by/> — Дата доступа 11.03.2018
7. Использование геоинформационных систем в туристическом бизнесе/Барлиани И.Я. — Новосибирск: Изд-во СГУГиТ, 2014— 48 с.
8. Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии. - М.: Финансы и статистика, 1998.—186 с.
9. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Е.Г.Капралов, А.В.Кошкарёв, В.С.Тикунов и др.; Под ред. В.С.Тикунова. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 480 с.
10. <http://www.brittanytourism.com/to-see-to-do/nature/green-ways> — Дата доступа 27.02.2018.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВЗРОСЛАЯ ПЛОЩАДКА	
<i>Сипач В.А.¹, Новиков² А.А., Люштык В.С.², Семенов О.А.¹, Куканова О.Н.³.....</i>	<i>5</i>
КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАНО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ (ЭТАП 3,5)	
<i>Новиков А.А.¹, Сипач В.А.², Ежова О.С.¹, Послед А.А.¹, Люштык В.С.¹, Семенов О.А.².....</i>	<i>11</i>
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ С РЫЖИМ СОСНОВЫМ ПИЛИЛЬЩИКОМ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «НАРОЧАНСКИЙ»	
<i>Власов Б.П., Грищенкова Н.Д., Суховило Н.Ю., Власова Д.Б.</i>	<i>17</i>
МОНИТОРИНГ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОЗЕР НП "НАРОЧАНСКИЙ" С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДЗЗ (НА ПРИМЕРЕ МЯДЕЛЬСКОЙ ГРУППЫ ОЗЕР)	
<i>Курлович Д.М., Гагина Н.В., Ковалевская О.М.</i>	<i>22</i>
ИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГПУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «НАРОЧАНСКИЙ» ГИС-АНАЛИЗ	
<i>Токарчук О.В., Токарчук С.М.</i>	<i>25</i>
МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОЗЁРНО-БАССЕЙНОВЫХ СИСТЕМ НП «НАРОЧАНСКИЙ»	
<i>Красовский¹ А.Н., Турышев² Л.Н., Светашев³ А.Г., Демин⁴ В.С., Дорожко⁵ Н.В.</i>	<i>31</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ И ДОЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОДНЫХ СРЕДАХ ОЗЕР НАРОЧАНСКОЙ ГРУППЫ	
<i>Груммо Д.Г., Цвирко Р.В., Куликова Е.Я., Зеленкевич Н.А., Русецкий С.Г., Жилинский Д.Ю., Мойсейчик Е.В.</i>	<i>36</i>
К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»	
<i>Тупицына Н.Б.</i>	<i>49</i>
ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ПОДГОТОВКЕ ГИС-СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ ВОПРОСОВ: ШКОЛА-УНИВЕРСИТЕТ-ПРАКТИКА	
<i>Куратова Т.Б.</i>	<i>57</i>
ГИС-ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
<i>Рыжков О.В., Рыжкова Г.А., Золотухин Н.И., Золотухина И.Б., Филатова Т.Д.</i>	<i>64</i>
МНОГОЛЕТНИЕ РЯДЫ ДАННЫХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МИГРАЦИИ В ГИС	
<i>Хохряков В.Р.¹, Левин А.В.², Пчелкин И.С.², Фроленков Р.Н.²</i>	<i>70</i>
¹ Национальный парк «Смоленское Поозерье»..... ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»	
<i>Хохряков В.Р., Шалаева К.В.</i>	<i>76</i>
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВДЕНИИ ЛЕТОПИСИ ПРИРОДЫ И ЕЕ ИТОГИ ЗА 2017 ГОД	



Владимирова Н.А., Квашнина А.Е.....	91
ОПЫТ СОЗДАНИЯ СХЕМЫ ПАТРУЛИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «ДЕНЕЖКИН КАМЕНЬ» В ARCGIS	
Грищенко М.Ю. ^{1,3} , Калимова И.В. ² , Пыркин В.О. ² , Гулакова К.Н. ² , Содорик В.А. ⁴ , Гаврилова В.И. ¹	93
СОСТАВЛЕНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ ВУЛКАНА ГОЛОВНИНА (ОСТРОВ КУНАШИР, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) НА ОСНОВЕ ПОЛЕВЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ	
Самсонов С.Д.	98
СОЗДАНИЕ КАРТЫ ТИПОВ ЛАНДШАФТОВ СОЧИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА	
Егошин А.В.	103
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ	
 ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ	
Никитина А.Д.* Князева С.В.**.....	111
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КУРШСКАЯ КОСА»	
Жигалина В.В.	113
СОЗДАНИЕ КАРТ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ARCGIS ONLINE	
Колбун Д.А.	115
ИЗУЧЕНИЕ ЗАРАСТАНИЯ ОЗЕР НП «НАРОЧАНСКИЙ» С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	
Новикова Ю.И., Кривко В.В., Высоцкий Ю. И., Торбенко А.Б.	116
РАСПРОСТРАНЕНИЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В ЗОНАХ С ОСМОБЫМ РЕЖИМОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ УШАЧСКОГО РАЙОНА	
Соколовский Е. В., Торбенко А.Б.	119
ТЕРРИТОРИИ С ОСОБЫМ РЕЖИМОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СХЕМЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ Г. ВИТЕБСКА	
Тетёркина А.П.	123
ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗЕЛЕННОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА НА ПРИМЕРЕ АГ. РАКОВ	