



III МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

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

(ГИС-Нарочь_2017)
15-19 мая 2017 г.

сборник научных статей

Минск,
2017



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



ESRI CIS (Россия)



УП "Геоинформационные системы" НАН Беларуси



Белорусский государственный университет



Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук 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: 2017. – 140 с.

ПРЕДИСЛОВИЕ

С 15 по 19 мая 2017 г. в рамках научно-практического семинара "Современные технологии в деятельности ООПТ: ГИС, ДЗЗ" (ГИС-Нарочь_2017) плодотворно поработали восемьдесят участников из Беларуси и России — представители природоохранных и научных учреждений, ВУЗов, общественных организаций, масс-медиа, инновационных компаний и местных сообществ. Это была уже пятая встреча друзей и единомышленников для обсуждения и обмена опытом по использованию геоинформационных систем и технологий в насущных делах, планируемых задумках, перспективных проектах. Конечно же, активно делились наработками и генерировали идеи 22 участника молодежной "площадки" семинара — Школы молодых ученых (ШМУ).

Отметим, что с каждым годом "палитра" представляемых докладов и презентаций научного и практически-ориентированного направлений расширяется, уровень их, соответственно, все серьезнее. Так, к примеру, научный отдел Национального парка "Нарочанский" презентовал в геоинформационной среде свой опыт использования ГИС для решения задач плана управления национальным парком; коллеги из Национального парка "Смоленское Поозерье" представили наработки фундаментального подхода по геоинформационному картографированию при создании комплексного научно-справочного атласа ООПТ и региона, а из Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника (Курская область) — уникальный для российских ООПТ опыт высокоточного картирования древесно-кустарниковой растительности на основе аэрофотосъемки и виртуальных пикетажных сетей; наши единомышленники из лаборатории геоинформационных технологий Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (г. Санкт-Петербург) протестировали свои задумки научно-исследовательских и прикладных работ в области геоинформатики и др.

В пятидневной программе семинара обсуждены 24 тематических доклада и сообщения, проведены 5 мастер-классов. Как обычно, большое внимание организаторами семинара было уделено работе Школе молодых ученых. Опытное интернациональное жюри скупоруплезно подошло к оценке идей, содержания и значимости молодежных ГИС-разработок, а также умению авторов отстаивать свои идеи. Победители и лауреаты конкурса 18 ГИС-проектов получили солидные награды в виде номинаций на получение лицензионного программного обеспечения ArcGIS, специальную литературу и именные сертификаты участников.

Мы искренне благодарны всем соорганизаторам и партнерам семинара, докладчикам, ведущим мастер-классов и участникам — за взаимопонимание, самоотдачу и хорошую работу! Отдельная благодарность — основному и надежному партнеру наших международных семинаров и конференций — компании "Esri", ее представительству в странах СНГ и сотруднику Ольге Серебряннй и Алексею Кузьмину, которые привнесли много новых знаний пользователям ГИС и обеспечили организаторов призами для награждения победителей и лауреатов конкурса ШМУ!

Нарочанская ГИС-площадка, как место обучения и обмена опытом при использовании ГИС и современных технологий на благо устойчивого развития особо охраняемых природных территорий, сохранения ландшафтного и биологического разнообразия — естественно, и дальше продолжит свою работу...



РАЗДЕЛ 1

ВЗРОСЛАЯ ПЛОЩАДКА



КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАНО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ (ЭТАПЫ 2 И 3)

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

¹Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие

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

²Государственное природоохранное учреждение

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

В рамках реализации первого этапа проекта с использованием методологии и программного комплекса Capacity Planning Tool (© ESRI Inc.) совместно с ЧП «ГеоСистемсПро» были разработаны и оценены две принципиальные схемы функционирования экспериментального образца комплексной автоматизировано-справочной системы на базе действующих геоинформационных систем Березинского биосферного заповедника и национальных парков Беларуси с использованием информации с аппаратов космического базирования и других средств (ЭО КАСС): «Централизованного хранения и вычислений» и «Распределённого хранения и вычислений» (рисунок 1), — каждая из которых может быть создана за два этапа с постепенным наращиванием функционала.

Данные схемы были разработаны с учетом наличия программных средств. Основным управляющим средством является ArcGIS for Server Advanced Enterprise, установка которого предполагается на центральный сервер ЭО КАСС. На серверах Березинского заповедника и национальных парков предполагается установка терминальных серверов.

Узким местом таких схем является наличие терминальных серверов. При потере Интернет-соединения с центральным сервером значительная часть функций локальных терминальных серверов становится недоступной, но при имеющемся в наличии программном обеспечении такие схемы являются единственно возможными и эффективными. Данные схемы были приняты для дальнейшей детальной проработки и выбора оптимальной из них.

В ходе проведенных в 2016 году переговоров с Природоохранной программой компании Esri, была доказана значимость проекта ЭО КАСС и в этой связи Березинскому биосферному заповеднику и национальным паркам был предоставлен грант на пять лицензий ArcGIS Enterprise.

В связи с полученными дополнительными лицензиями общая структура ЭО КАСС была пересмотрена и выбрано новое схематическое решение (рисунок 2).

Новое схематическое решение ЭО КАСС позволяет повысить отказоустойчивость локальных ГИС Березинского заповедника и национальных парков. Отсутствие Интернет-соединения с центральным сервером незначительно скажется на локальных ГИС и позволит продолжать его работу в автономном режиме.

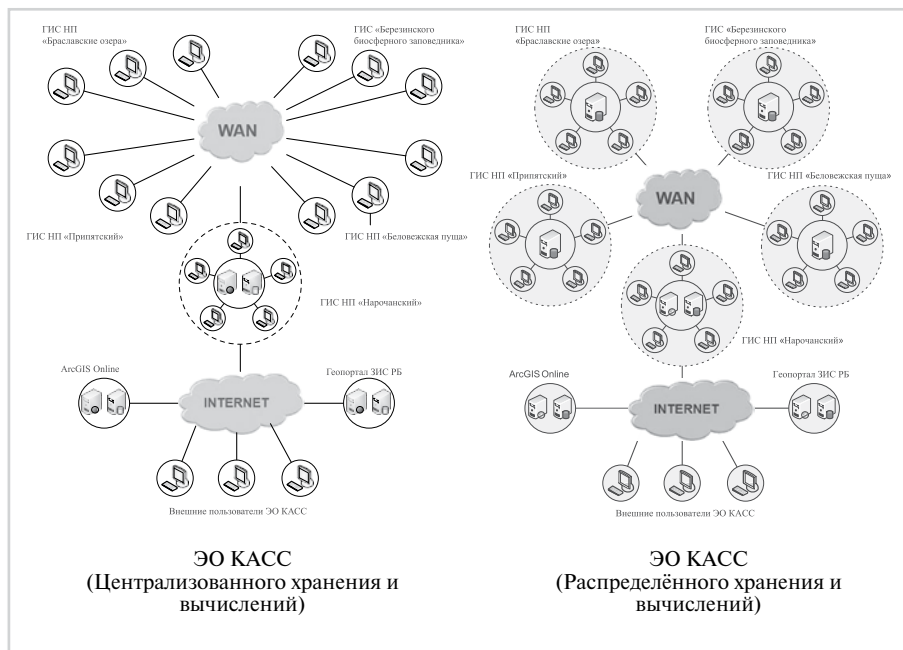


Рисунок 1

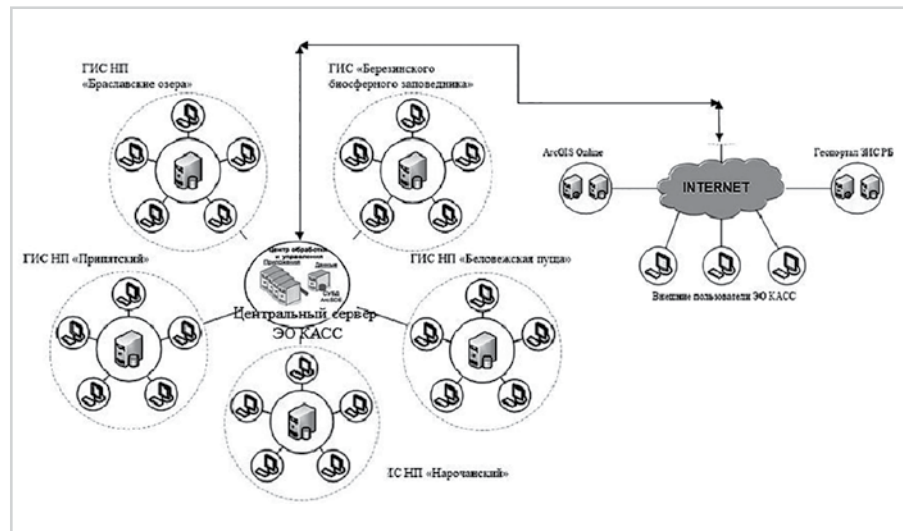


Рисунок 2

В состав ArcGIS for Server Advanced Enterprise входят следующие компоненты:

- ArcGIS Server — ключевой компонент веб-сервиса для изготовления карт и выполнения анализа;
- Portal for ArcGIS — позволяет опубликовывать карты, приложения и другую географическую информацию для других сотрудников в организации;
- ArcGIS Data Store — позволяет настраивать хранилище данных для размещенных и интегрированных серверов, которые используются с развертыванием;
- ArcGIS Web Adaptor — позволяет интегрировать ArcGIS Server и Portal for ArcGIS с существующим веб-сервером и механизмами безопасности организации [1].

Компонент, который всегда на виду при использовании ArcGIS for Server Advanced Enterprise, — это Portal for ArcGIS. Фактически это визитная карточка ЭО КАСС, как показано на рисунке 3. Для простого обывателя, который будет пользоваться системой через браузер, — это не более как красивая картинка и функционал. Но Portal for ArcGIS, помимо предоставления доступа к информации и ресурсам (приложения, карты, веб-сервисы), еще и обеспечивает разграничение такого доступа к имеющимся ресурсам.

Портал будет обеспечивать разграничение доступа пользователей к нему на три типа, как показано на рисунке 4. Первый тип — пользователи, работающие с данными и сервисами посредством стандартного веб-браузера, в том числе при помощи мобильных устройств (без установки специального программного и технического обеспечения). Второй тип — пользователи, для которых посредством программного и технического обеспечения предоставляется возможность решать задачи, связанные с обработкой пространственных данных, при этом собственные пространственные данные размещаются на портале ЭО КАСС. И третий тип — это пользователи, имеющие собственную ГИС: программное и техническое обеспечение, специализированные пространственные данные. Данный тип пользователей имеет возможность использовать сервисы и пространственные данные, размещенные на Portal for ArcGIS, а также предоставлять свои пространственные данные и сервисы другим пользователям (рисунок 4) [3].

В соответствии с разработанной структурой пользовательского доступа к portalу и имеющимися у пользователей в их распоряжении пространственными данными и программным обеспечением, а также основными функциями системы предложена структура портала, которая вписана в общую структуру ЭО КАСС, как показано на рисунке 5.

Управление функциями, связанными с разграничением прав доступа пользователей геопортала, импортом метаданных со сторонних сторонних ресурсов и их соответствующей регистрацией в каталоге осуществляется администратором геопортала с использованием подсистемы «Управление данными». С использованием данной подсистемы по мере необходимости можно проводить модернизацию структуры портала в зависимости от потребностей и решаемых новых задач.

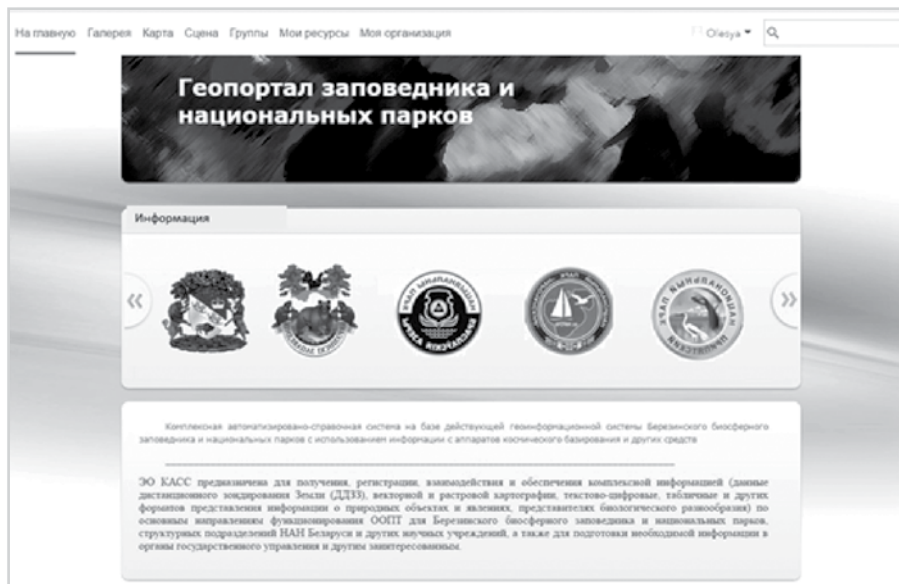


Рисунок 3

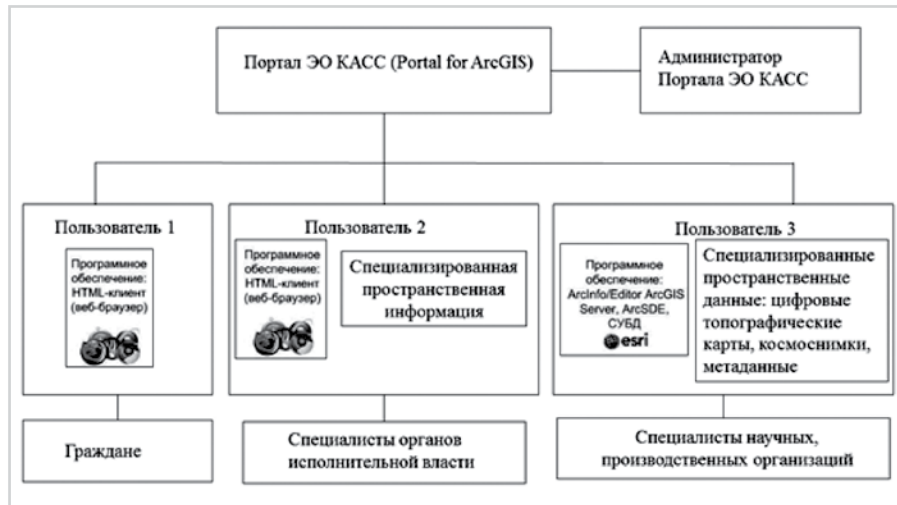


Рисунок 4

Помимо разработки структуры на этапе 2 были проведены работы по выбору СУБД ЭО КАСС. Основными требованиями к СУБД были: возможность хранить в себе базы геоданных ArcGIS, работать с большим

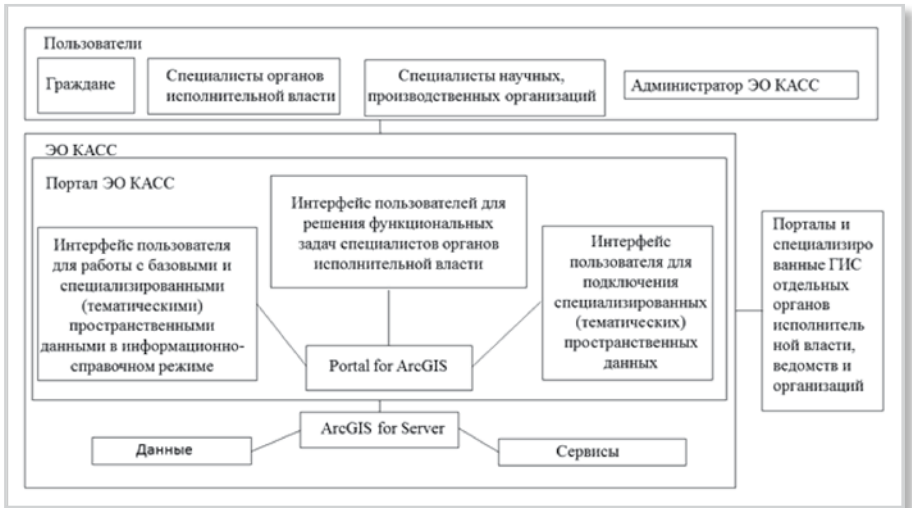


Рисунок 5

числом ядер и процессоров, стандартными на уровне Open Geospatial Consortium и быть доступными в финансовом плане. Рассматривались три продукта Oracle Database Oracle Spatial and Graph, PostgreSQL с PostGIS и Microsoft SQL Server, т.к. только эти продукты позволяют размещать в себе базы геоданных ArcGIS. После всесторонней оценки выбор был сделан в пользу PostgreSQL с PostGIS в связи с наилучшими показателями по трем ключевым параметрам.

При разработке учтено, что помимо специализированной программной части (ГИС, СУБД) ЭО КАСС немаловажную роль в быстродействии и надежности системы играет аппаратная часть с учетом того, что центральный сервер ЭО КАСС состоит из а) аппаратной и б) программной частей:

а) аппаратная часть:

- материнская плата – Supermicro MBD-X10DRL-C;
- процессор – Intel Xeon E5-2623 V3 3 (4 core);
- оперативная память – 16 Гб (2×8 Гб);
- жесткие диски – 2×300 Гб (15000 об./мин), 2×120 SSD, 4×4 Тб (7200 об./мин);
- блок питания – 2×920 Вт;

б) программная часть – операционная система Windows Server 2012 R2.

Для обеспечения отказоустойчивости по электропитанию центральный сервер оборудован двумя энергонезависимыми блоками электропитания. Блок электропитания № 1 постоянно находится в рабочем режиме, блок электропитания № 2 постоянно находится в ждущем режиме. При отказе (выход из строя) блока электропитания № 1 происходит мгновенный переход блока электропитания № 2 из ждущего режима в рабочий, за счет чего достигается отказоустойчивость центрального сервера по электропитанию. Блоки питания подключены к центральному серверу по принципу



«Горячей замены», т.е. для замены вышедшего из строя блока питания нет необходимости останавливать работу сервера. К тому же для защиты сервера от неполадок электрической сети (повышение или понижение напряжения, скачки либо отсутствием его в сети вовсе), которые могут вывести сервер из строя или привести к некорректному завершению работы с потерей важных данных, — используется источник бесперебойного питания, не только стабилизирующий входное напряжение в сети, но и обеспечивающий некоторое время работоспособность сервера при полном его отсутствии.

Жесткие диски, установленные на центральный сервер для создания отказоустойчивости системы, разбиты на 3 группы:

- системные диски;
- диски кэшированных сервисов;
- диски хранения данных.

Системные диски центрального сервера представлены парой высокоскоростных дисков (15000 об./мин). Это позволяет операционной системе и установленному программному обеспечению работать на высоком уровне производительности. Отказоустойчивость достигается созданием из пары дисков рэйд-массива RAID 1 (mirroring — «зеркалирование») — массив из двух дисков, являющихся полными копиями друг друга [2]. Он обеспечивает приемлемую скорость записи (такую же, как и без дублирования) и выигрыш по скорости чтения при распараллеливании запросов. RAID 1 имеет высокую надёжность — работает до тех пор, пока функционирует хотя бы один диск в массиве. Вероятность выхода из строя сразу двух дисков равна произведению вероятностей отказа каждого диска, то есть значительно ниже вероятности выхода из строя отдельного диска. На практике при выходе из строя одного из дисков следует срочно принимать меры — вновь восстанавливать избыточность. Для этого в центральном сервере системные диски используются с функцией горячей замены.

Диски кэшированных сервисов должны быть высокопроизводительными. Так как кэшированные сервисы всегда в ГИС используются только на чтение, то в центральном сервере такие диски представлены двумя дисками по технологии SSD: твердотельный накопитель — компьютерное немеханическое запоминающее устройство на основе микросхем памяти, они обладают высокой скоростью считывания (455 Мбит/с). Недостатком таких устройств является их ограниченный ресурс записи. Но поскольку кэшированные сервисы редко изменяемы, то такие диски наиболее оптимальны в качестве накопителей. Для обеспечения отказоустойчивости работы дисков кэшированных сервисов они собраны в рэйд-массив RAID 1 и имеют функцию горячей замены.

Диски хранения данных должны иметь большой объем, чтобы обеспечить хранение имеющихся массивов данных и вновь пополняемых. Для этого выбраны 4 диска по 4 ТБ со скоростью работы до 7200 об/мин. Для повышения производительности и отказоустойчивости данных дисков они собраны в рэйд-массив RAID 10 — зеркалированный массив, данные в котором записываются последовательно на несколько дисков. Эта архитектура представляет собой массив типа RAID 0, сегментами которого

вместо отдельных дисков являются массивы RAID 1. Соответственно, массив этого уровня должен содержать как минимум 4 диска (и всегда чётное количество). RAID 10 объединяет в себе высокую отказоустойчивость и производительность [2]. Диски хранения данных поддерживают функцию горячей замены.

Таким образом, созданная аппаратная часть центрального сервера обеспечивает высокую производительность работы и отказоустойчивость, что позволяет обеспечить непрерывную работу сервера, а также при выходе отдельных узлов не останавливать его работу.

Помимо аппаратно-программной части важным элементом ЭО КАСС являются базы данных. Разработка новых баз геоданных и модернизация ранее созданных была проведена на 2 и 3 этапе.

Реализация в СУБД структур выделенной лесоустроительной базы данных и баз данных редких (занесенных в Красную книгу Республики Беларусь) и инвазивных растений на белорусских ООПТ проводилась совместно с ЧП «ГеоСистемсПро» и включала следующие работы:

- анализ, необходимую унификацию и модификацию представленных структур баз данных в MS Access;
- проектирование индексов связи пространственной и атрибутивной частей георегиональной базы данных;
- формирование доменов, пространственных и объектных таблиц новой структуры в среде персональной базы геоданных ArcGIS;
- конвертация справочников, пространственных и атрибутивных данных, объединение исходных баз данных в одной базе геоданных [4].

Реализованные структуры выделенной лесоустроительной базы данных представлены ниже на рисунке 6, а базы данных редких (занесенных в

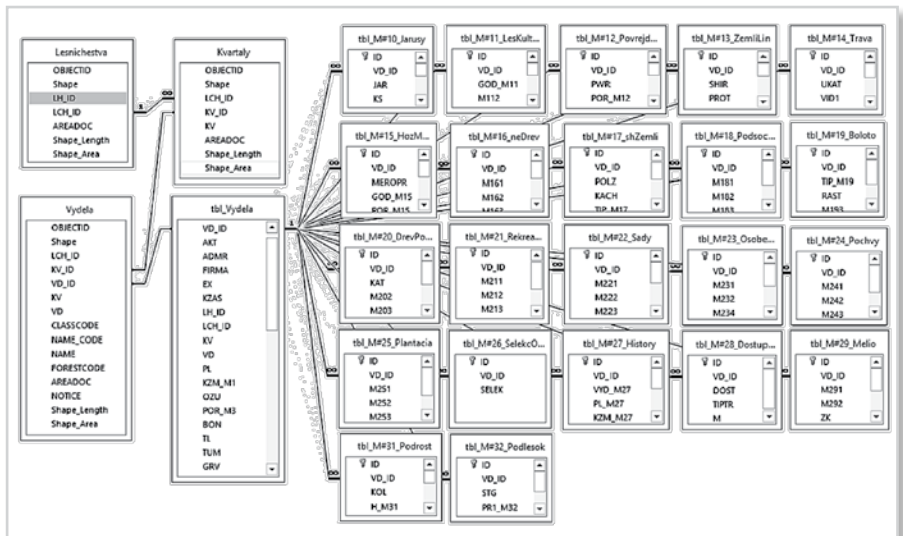


Рисунок 6



Красную книгу Республики Беларусь) и инвазивных растений ООПТ Республики Беларусь – на рисунке 7.

Структура баз данных редких (занесенных в Красную книгу Республики Беларусь) и инвазивных растений ООПТ Республики Беларусь была реализована на основе разработанной информационной модели ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси».

Разработанные базы геоданных обеспечивают работу с ними в ЭО КАСС. Помимо самих баз зачастую возникает потребность получить какую-то аналитическую информацию на их основе и составить отчет по требуемым параметрам с возможностью его распечатать. Для обеспечения решения этой задачи наиболее оптимально подходят специализированные программы – генераторы отчетов.

Генератор отчетов – программа или библиотека, позволяющая представить информацию в удобочитаемом структурированном виде, в частности, в форме документа, (отчёта), который можно распечатать или сохранить в различных электронных форматах.

Генерация отчетов является неотъемлемым элементом концепции Business Intelligence. Основным преимуществом использования генератора отчетов является значительное повышение производительности труда при подготовке однотипных документов. Повышение производительности происходит за счёт автоматизации тех операций, выполняемых при подготовке документа, которые могут быть автоматизированы.

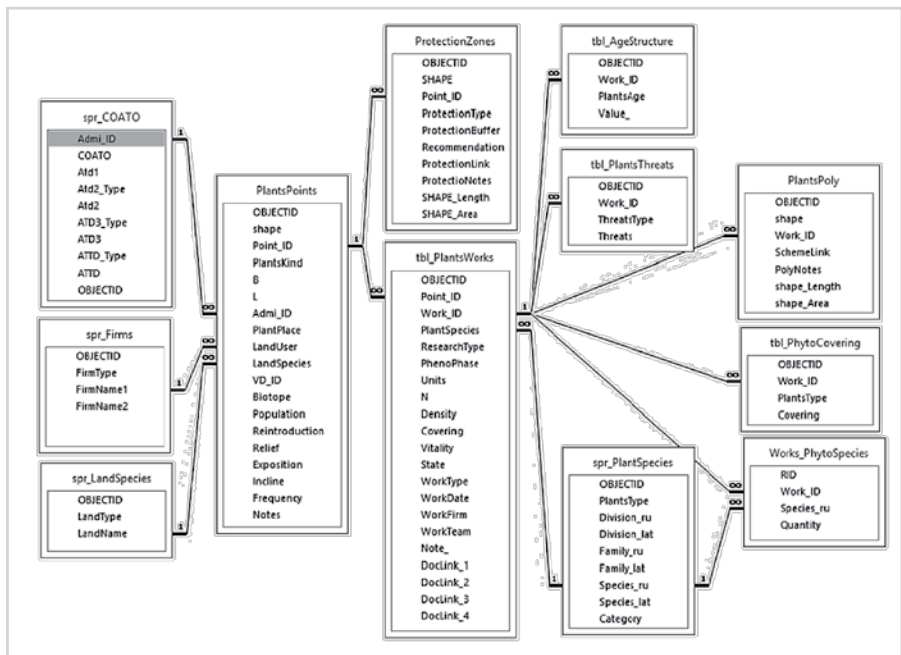


Рисунок 7

В настоящее время имеется ряд решений для автоматизированный генерации отчетов по данным, содержащимся в СУБД. Краткое сравнение ключевых (в контексте данной работы) особенностей широко распространенных построителей отчетов приведено в таблице 1.

По результатам сравнения программных средств проведенного ЧП «ГеоСистемсПро» в качестве системы для автоматизированного создания отчетов выбраны SQL Server Reporting Services (службы отчетности SQL Server), имеющие следующие важные преимущества:

- созданы крупнейшим в мире разработчиком ПО (корпорацией Microsoft) и развиваются уже более 10 лет;
- входят в состав базовой бесплатной версии SQL Server Express, при этом не требуют постоянного использования SQL Server в качестве подключаемой СУБД (поддерживается целый ряд источников данных, в том числе Postgre SQL);
- имеют собственный автономный дизайнер отчетов Report Builder, не требующий от пользователей глубоких знаний SQL и сред разработки программного обеспечения;
- включают веб-службу Report Server и менеджер для просмотра и управления отчётами, оперирования источниками данных и настройками безопасности в локальной сети.

Предлагается развертывание служб отчетности SQL Server в локальных сетях локальных и центральной ГИС, образующих ЭО КАСС, после чего веб-службы Report Server и построитель отчетов Report Builder будут доступны для использования авторизованному персоналу соответствующих ГИС.

В качестве источников данных для формирования отчетов подключаются собственные локальные БГД или копия распределенной центральной БГД ЭО КАСС. Таким образом, подготовка шаблонов отчетов, непосредственно автоматизированное построение отчетов по готовым шаблонам и заданным параметрам будут выполняться в локальных сетях, обмен отчетами между локальными и центральной ГИС может осуществляться в любом из доступных экспортных форматов по сети Интернет, либо отчеты могут предоставляться напрямую как веб-страница.

Таблица 1 — Сравнение популярных программных средств для автоматизированного формирования отчетов

Наименование ПО	Бесплатная лицензия	Совместимо с Postgre SQL	Русский интерфейс	Серверный компонент	Автономный дизайнер отчетов
JasperReports	+	+	—	+	+
Crystal Reports	—	+	+	+	+
FastReport	—	+	+	+	+
Stimulsoft Reports	—	+	+	+	+
CuteReport	+	+	+	—	+
SQL Server Reporting Services	+	+	+	+	+



Принципиальная схема функционирования служб отчетности SQL Server (SSRS) в составе ЭО КАСС (в локальных сетях Локальной/Центральной ГИС) приведена на рисунке 8.

Рельеф как важный компонент ландшафта ООПТ оказывает влияние на характер стока и испарения с поверхности земли атмосферных осадков, циркуляцию воздушных масс, проявление эрозионных процессов, пространственную дифференциацию почвенного покрова, опосредованно дифференцирует распространение растительности и животного мира. Поэтому создание карт рельефа территорий ООПТ является важным элементом наполнения ЭО КАСС.

Анализ влияния рельефа на процессы, протекающие в ландшафтах, требуют применения специфических количественных методов геоморфологии, в частности морфометрического анализа рельефа.

Морфометрия рельефа, или геоморфометрия — раздел геоморфологии о количественных характеристиках элементов, форм и типов рельефа. Это современный, аналитико-картографический подход к представлению поверхности Земли путем компьютерного анализа значений высотных отметок [5].

Морфометрический анализ рельефа при традиционном (аналоговом) картографировании является достаточно трудоемким процессом, и применение геоинформационных технологий — важная веха в развитие геоморфологии. На сегодняшний день многие программные пакеты предлагают инструменты, которые могут быть использованы для геоморфологического анализа ландшафта: Vertical Mapper (модуль ГИС MapInfo), Spatial Analyst и 3D Analyst (модули ГИС ArcGIS), в PCI Geomatica, MicroDEM, SAGA и QGIS также представлены модули пространственного анализа [6].

В качестве исходных использовались данные цифровых топографических карт масштаба 1:100 000. Как правило, для Березинского биосферного заповедника и национальных парков такие материалы содержали цифровые слои «Горизонты», «Отметки высот», «Отметки урезов воды», «Водоемы» и «Водотоки». Для ГПУ «Национальный парк «Припятский» ввиду значительной равнинности территории были дополнительно привлечены материалы радарной топографической съемки (shuttle radar topography mission (SRTM 30)), находящиеся в открытом до-

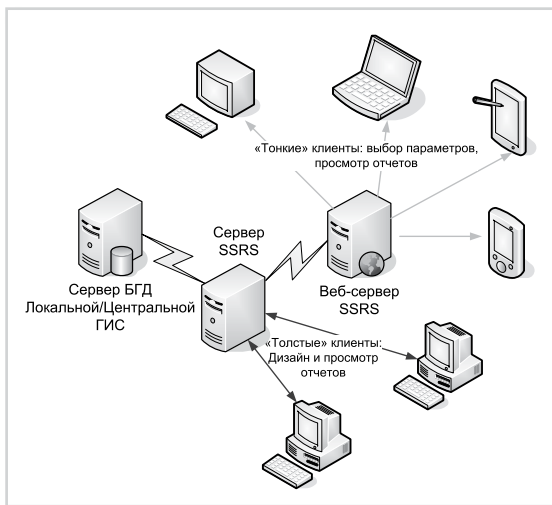


Рисунок 8

ступе в сети Интернет. Оценка точности матрицы высот SRTM показала, что она соответствует масштабу 1: 100 000, а иногда и превосходит его.

Расчет морфометрии выполнен сотрудниками географического факультета БГУ с использованием программного обеспечения ArcGIS.

Используя инструмент «Топо в растр» модуля ArcGIS Spatial Analyst, были созданы ЦМР (в формате ESRI GRID) Березинского биосферного заповедника и национальных парков Беларуси.

Практика показывает, что создаваемые с помощью обычных инструментов интерполяции ЦМР зачастую являются некорректными, то есть неправильно воспроизводят рельеф местности на определенных участках. К таковым можно отнести русла рек и днища естественных и искусственных водоемов. Повышению качества ЦМР в нашем случае способствовало максимальное использование неявной информации о рельефе (береговая линия водоемов, русла постоянных и временных водных потоков и другая гидрографическая информация).

Для построения корректной ЦМР Березинского биосферного заповедника и национальных парков Беларуси использован инструмент «Топо в растр», позволяющий рассчитывать модели рельефа, качество которых многократно превышает качество моделей, получаемых обычными методами интерполяции. В данной методе интерполяции учитывается не только пространственное положение горизонталей, отметок высот и урезов воды, но и расположение гидрографической сети, закрытых водоемов (озер), локальных понижений рельефа. Есть еще ряд дополнительных возможностей функции «Топо в растр», позволяющих получить гипсометрическую поверхность, пригодную как для расчета морфометрии рельефа, так и для гидрологического ГИС-моделирования.

Алгоритм интерполяции «Топо в растр» разработан специально для комплексного использования как данных о рельефе, так и гидрографии. Он сочетает в себе вычислительную эффективность метода обратно взвешенных расстояний и минимизацию кривизны поверхности метода сплайн.

С помощью стандартных инструментов модуля Spatial Analyst ГИС на основании ЦМР были построены модели таких морфометрических показателей, как крутизна и экспозиция склонов, а также кривизна поверхности.

Для автоматизированного расчета глубины, густоты и общего показателя расчленения рельефа в среде ModelBuilder ГИС ArcGIS были разработаны геоинформационные модели, объединенные в набор инструментов «Морфометрия рельефа» [7, 8]. Исходными слоями в каждой модели выступали ЦМР, а также векторные полигональные слои, представлявшие собой сеть квадратов размером 1х1 км, покрывающую всю территорию Березинского биосферного заповедника и национальных парков Беларуси. Построение данных полигонов было осуществлено с помощью инструмента «Create Vector Grid» набора «Hawth's Analysis Tools» ГИС ArcGIS.

Решение транспортных задач позволяет обеспечивать ООПТ инструментарием для разработки туристических маршрутов и поддержания навигации автотранспорта в Березинском биосферном заповеднике и



национальных парках. Данная задача выполняется на основе созданного дорожного графа. Дорожный граф является разновидностью векторных пространственных данных, которые хранятся в базе данных и могут быть использованы для построения маршрутов движения при помощи соответствующего программного обеспечения с минимизацией по следующим характеристикам: времени, расстояния, стоимости.

Дорожный граф должен удовлетворять следующим общим требованиям:

- тип объектов — линейный,
- проходить по осевым линиям дорог,
- разбит на ребра, которые могут быть ограничены: перекрестками, границами населенных пунктов, скоростным режимом, типом покрытия, иной информацией,
- соблюдать принцип связности и топологии объектов.

Граф должен состоять из набора узлов и примыкающих к ним ребер с комплектом различных атрибутов, которые могут быть дополнены для более точного решения задачи по автоматизированной прокладке маршрутов:

- протяженность в метрах с учетом рельефа,
- категория дороги,
- номер шоссе/название улицы,
- признак одностороннего движения,
- скорость движения,
- время прохождения ребра.

В ходе выполнения работы на этапе 3 совместно с ЧП «ГеоСистемсПро» был подготовлен дорожный граф, включающий в себя дороги международного и республиканского значения на территории Республики Беларусь, а также дороги более низкого класса (включая проезды для специальной техники) на территорию Национального парка «Нарочанский» [9]. Для построения указанного графа были использованы различные виды сбора информации:

- получение исходных векторных данных из открытых источников — в качестве основного источника был выбран веб-картографический проект Open StreetMap, как наиболее полный и регулярно обновляемый;
- дешифрирование дорог по космическим снимкам высокого разрешения — были добавлены отсутствующие в сети дороги, уточнен тип покрытия;
- сбор данных по GPS-трекам — на основе GPS-треков были добавлены проезды для специальной техники, полевые и лесные дороги, скорректированы скорости движения.

Дорожный граф представлен в виде набора сетевых данных, который хранится в файловой базе геоданных и позволяет выполнять операции сетевого анализа с использованием дополнительного модуля ArcGIS Network Analyst.

В зависимости от решаемой задачи могут быть выбраны различные типы сетевого анализа:

- поиск ближайшего пункта,

- поиск оптимального маршрута для одного транспортного средства или парка транспортных средств,
- задача "размещение-распределение",
- построение матрицы "источник-назначение",
- определение областей обслуживания.

Итогом работ по разработке ЭО КАСС на этапах 2 и 3 стало создание базовых элементов аппаратно-программной части, которые позволят на следующем этапе начать ее развертывание и наполнение разработанными базами данных.

Необходимо продолжить работы по созданию баз геоданных на основе разработанных на этапе 1 информационных моделей.

Литература

1. 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: 12.12.2017.
2. RAID// Веб-сайт Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RAID>. — Дата доступа: 12.12.2017;
3. Создание комплексной автоматизированно-справочной системы на базе действующей геоинформационной системы Березинского биосферного заповедника и национальных парков с использованием информации с аппаратов космического базирования и других средств: отчет о НИР/ УП «Геоинформационные системы»; отв. исполн. В. А. Сипач. — Минск, 2016. — 77 с.
4. 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, повывдельной лесоустроительной базы данных: отчет о НТР (промежуточный)/ ЧП «ГеоСистемсПро»; отв. исполн. М. Ю. Тараканов. — Минск, 2016. — 31 с.
5. Hengl, T. Geomorphometry: concepts, software, applications [Текст] / T. Hengl, H. Reuter. — Amsterdam : Elsevier, 2009. — 796 p.
6. Разработка серии тематических карт раздела «Рельеф» блока природных структурных компонентов комплексной автоматизированно-справочной системы: отчет о НТР/ БГУ; отв. исполн. Д. М. Курлович. — Минск, 2016. — 88 с.
7. Курлович, Д.М. Компьютерное моделирование морфометрических показателей рельефа Беларуси [Текст] / Д. М. Курлович // Проблемы природопользования: итоги и перспективы: материалы Международной науч. конф., 21–23 нояб. 2012 г., Минск, Беларусь / редкол.: А. К. Карабанов [и др.]. — Минск, 2012. — С. 301–304.
8. Курлович, Д. М. Морфометрический ГИС-анализ рельефа Беларуси [Текст] / Д. М. Курлович // Земля Беларуси. — 2013. — № 4. — С. 42–48.
9. 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, повывдельной лесоустроительной базы данных: отчет о НТР (заключительный)/ ЧП «ГеоСистемсПро»; отв. исполн. М. Ю. Тараканов. — Минск, 2016. — 14 с.



ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В ЦЕНТРЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАН БЕЛАРУСИ

Аронов В. А.

ГУ «Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси»

e-mail: vladislav@cgm.org.by

Геофизический мониторинг — один из 12 основных видов мониторинга Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (далее — НСМОС) и осуществляется в целях оценки сейсмичности, динамики геофизических и геодинамических процессов по трем направлениям — сейсмический мониторинг, геомагнитный мониторинг и мониторинг гравитационного поля Земли [1–4]. В частности, сейсмический мониторинг представляет собой систему непрерывных круглосуточных наблюдений за происходящими сейсмическими событиями естественного и искусственного происхождения в широком диапазоне энергий и расстояний, обработку данных, анализ полученных результатов и оценку сейсмической обстановки. Важность проведения геофизического (сейсмического) мониторинга обусловлена, в том числе, проблемой вероятностного разрушительного воздействия землетрясений на экосистемы вплоть до их уничтожения [7].

В связи с этим, цель обозначена как обеспечение контроля геодинамической ситуации на территориях различного масштаба, для достижения которой сейсмический мониторинг решает различные задачи, в т.ч.: локализация потенциально сейсмически опасных зон; анализ динамики изменений с составлением карт разломов, распределения напряжений в земной коре и т.д.; прогноз вероятного развития сейсмической ситуации для принятия решений и др. Для сбора, хранения, анализа и передачи геофизических данных в системе НСМОС, а также в Национальной системе мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (СМПЧС) создан Информационно-аналитический центр геофизического мониторинга (далее — ИАЦ ГМ), который функционирует в составе Государственного учреждения «Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси» (далее — ЦГМ) [1–6].

ЦГМ — единственная организация в Республике Беларусь, выполняющая функции геофизической службы, осуществляя сейсмический и геомагнитный мониторинг, а именно: непрерывные круглосуточные наблюдения за опасными геодинамическими явлениями и процессами — сейсмическими событиями искусственного и естественного происхождения, вариациями геомагнитного поля Земли и другими, сопутствующими этим процессам; сбор, хранение, обработку и анализ полученных данных; регламентную передачу результатов обработки геофизической информации в МЧС РБ, Минприроды РБ, органы исполнительной власти; оперативное взаимодействие с ними при возникновении опасных геодинамических

процессов и явлений [9]. ЦГМ создан в 2001 году на базе профильной организации, работавшей в данной области с самого начала инструментальных геофизических наблюдений в стране, а именно с 1965 года, сохранив полную правопреемственность результатов и наработок. В ЦГМ накоплен массив геофизических данных объёмом в несколько терабайт, не считая бумажные сейсмограммы. В настоящее время в ЦГМ используется современная цифровая аппаратура, данные передаются в режиме реального времени и организованы в базы данных (используются новейшие версии реляционных СУБД); создана многоуровневая система их хранения [8].

В ЦГМ много лет используются компьютерные программы визуализации геопространственных данных, но дело, в основном, ограничивалось построением электронных карт. После создания ИАЦ ГМ началось более широкое использование геоинформационных систем в работе ЦГМ. В силу объективных причин, на данном этапе, акцент сделан на открытом программном обеспечении. В частности, для визуализации баз сейсмологических данных Центра создан программный продукт в виде веб-приложения с использованием JavaScript-библиотеки Leaflet. Автор библиотеки — Владимир Агафонкин. Leaflet — одна из наиболее популярных картографических JavaScript-библиотек, поддерживает большинство мобильных и стационарных платформ, а также все основные браузеры, позволяет разработчику отображать растровые карты, состоящие из маленьких фрагментов — тайлов, с дополнительными слоями, накладываемыми поверх основного. Поддерживает множество типов слоёв, в т.ч. интерактивные, способные отображать подсказку при клике по маркеру. Как и в других картографических веб-библиотеках, в Leaflet реализована следующая модель: отображается базовая карта с возможностью добавлять растровые и векторные слои, которые накладываются поверх базовой карты.

Leaflet используется во многих крупных проектах и сайтах, в частности, используется в Геофизической службе РАН для оперативной визуализации эпицентров сейсмических событий на электронной карте, которая встроена в веб-сайт ГС РАН.

Как уже было означено выше, на базе Leaflet создано ГИС-приложение с условным названием «ЦГМ-ГИС», которое обращается к базам сейсмологических данных Центра и выводит данные в виде интерактивной таблицы и маркеров эпицентров землетрясений на карте, но в данном случае с помощью веб-браузера (рис.). Вместе с тем, предусмотрен и офф-лайн режим. Были написаны дополнительные модули, расширяющие функционал программы. В результате работы приложение получило дружественный интерфейс, включая блок пользовательских настроек, и широкий набор функций, в том числе:

- выбор базы данных для работы (в данном случае, «Беларусь» или «Мир»);
- вариации отображения таблицы базы данных на экране;
- градация маркеров эпицентров землетрясений по параметрам магнитуды и глубины;
- информативность маркера эпицентра землетрясения (наличие подписи и всплывающего информационного окна);

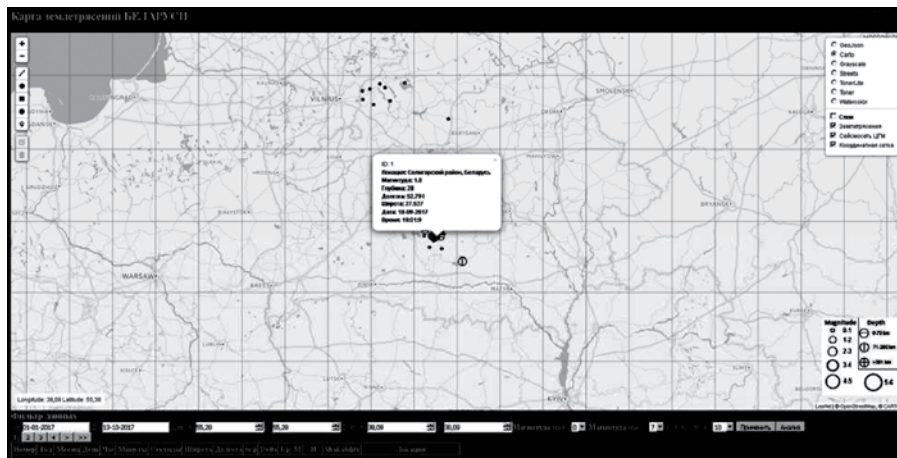


Рисунок. Интерфейс рабочего окна ГИС-приложения «ЦГМ-ГИС».

- кластеризация маркеров с функцией включения/отключения;
- измерение расстояний и площадей;
- широкий выбор карт;
- фильтр данных, позволяющий проводить выборку данных по различным параметрам сейсмических событий;
- нанесение на карту пользовательских объектов (полигонов, линий, точек) с возможностью их редактирования;
- выбор нужной области по координатам либо непосредственно на карте;
- сохранение слоя в формате ESRI «shapfile», что позволяет работать с выбранными данными в других ГИС (ArcGIS, QGIS, и др.);
- три режима отображения, позволяющие соотносить процент отображения карты и таблицы на экране;
- элементарный анализ, отображающий некоторые максимальные, минимальные и усреднённые значения по выбранным данным.
- контроль баз сейсмологических данных ЦГМ на наличие ошибок.

Данное ГИС-приложение внедрено в работу ЦГМ и используется при анализе сейсмической обстановки, составлении аналитических записок и отчётов.

В ЦГМ также ведутся работы с открытыми ГИС, имеющими развитые функции трёхмерной визуализации и анализа геопространственных данных (GRASS и др.).

Литература

1. Положение о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь геофизического мониторинга и использования его данных: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 14 апр. 2004 г., № 412. — Минск, 2004.
2. Положение об Информационно-аналитическом центре геофизического мониторинга Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республи-

- ке Беларусь: постановление Бюро Президиума Национальной академии наук Беларуси, 07 июля 2004 г., № 390. — Минск, 2004.
3. Инструкция о порядке проведения геофизического мониторинга: постановление Президиума Национальной академии наук Беларуси, 15 декабря 2006 г., № 85. — Минск, 2006.
 4. Об утверждении Государственной программы "Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов" на 2016 — 2020 годы: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 17 марта 2016 г., № 205. — Минск, 2016.
 5. Инструкция о порядке представления информации, необходимой для функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 14 апреля 2008 г., № 30. — Минск, 2008.
 6. О порядке функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в НАН Беларуси: приказ Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси, 19 октября 2010, № 115. — Минск, 2010.
 7. Аронова Т. И., Аронов В. А. Геоэкологические аспекты сейсмических процессов // Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / Респ. науч.-иссл. унит. предп. «Бел НИЦ «Экология»; под ред.: В. И. Ключенович (гл. ред.) [и др.]. — Минск: «Бел НИЦ «Экология», 2011. — С. 148—159.
 8. Аронов В. А. Структура информационных уровней системы сейсмологического мониторинга в Беларуси // Могилевский меридиан. — 2014. — Т. 14, № 1—2 (24—25). — С. 12—16.
 9. Аронов В. А. Оптимизация системы сейсмологического мониторинга на территории Беларуси // Літасфера. — 2014. — № 2 (41). — С. 136—145.



АТЛАСНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ООПТ НА ПРИМЕРЕ ФГБУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»

Хохряков В. Р., Бавшин И. М., Кунаш Д. А.

ФГБУ «Национальный парк

«Смоленское Поозерье», п. Пржевальское, Россия

khokhrykovy@yandex.ru, bim2010@mail.ru, smolenskoe_poozerie@mail.ru

Описываются результаты математико-картографического моделирования; поисковые, проектные и экспериментально-методические работы по геоинформационному картографированию комплексного научно-справочного атласа ФГБУ «Национальный парк «Смоленское Поозерье»; основные положения концепции атласа, цели и задачи его создания, формы реализации (полиграфическая, электронная); перечень и содержание карт и других материалов; вопросы информационного, организационного и правового обеспечения работ по атласу. Адресовано разработчикам комплексных картографических произведений, широкому кругу картографов и географов.

Общая характеристика атласа. Атлас «Национального парка «Смоленское Поозерье» разрабатывается как фундаментальное научно-справочное комплексное картографическое произведение. В нем отображаются разнообразные характеристики территории национального парка во всей сложности природно-географических, исторических, социально-экономических условий, факторов и предпосылок его современного состояния и дальнейшего устойчивого развития. Задача систематизации обширного массива разрозненной атрибутивной и пространственной информации об объектах сегодня решается с помощью геоинформационных систем (ГИС). Одним из направлений их широкого использования является сфера тематического картографирования, охватывающая создание не только отдельных карт, но и таких сложных картографических произведений как атлас национального парка.

В соответствии с названными принципами очерчены цель и основные задачи атласа:

- дать свод современной информации и знаний о территории «Национального парка «Смоленское Поозерье» и регионе — природе, ресурсах, населении, хозяйстве, экологии, истории, наследии, а также предпосылках и перспективах устойчивого развития;
- предоставить органам власти и управления разных уровней; научным, учебным, проектным, производственным и другим учреждениям; общественным организациям и движениям достоверный материал для формирования федеральных и региональных научно-технических и иных проектов, программ и инициатив экономического, экологическо-

го, культурно-исторического, геополитического, геостратегического и иного значения;

- дать импульс повышению общественного и делового интереса к национальному парку и региону в целом, к его изучению, поиску путей, средств и механизмов развития.

Атлас, концентрируя разнообразную информацию о национальном парке, представляя ее в систематизированной, организованной, хорошо обозримой и операциональной форме, обеспечит научно-информационную, методическую и фактологическую поддержку различным акциям и разработкам в ведущих сферах общественной жизни, народнохозяйственной практике, экономической и региональной политике, законодательно-регламентирующей деятельности, фундаментальной науке, образовании, пропаганде и воспитании, развитии связей с зарубежными странами, внешней политике и международных отношениях [8]. Будучи формой картографо-географической подготовки территории к развитию, он поможет реальному движению вперед. Создание атласа направлено на решение фундаментальной проблемы рационального использования и воспроизводства природных ресурсов и охраны окружающей среды на особо охраняемых природных территориях. Данная работа важна в рамках решения фундаментальной научной проблемы, направленной на поддержание экологической устойчивости в пределах особо охраняемой природной территории.

В процессе создания атласа было необходимо:

- разработать методологии атласного картографирования на основе открытого и отечественного программного обеспечения;
- реализовать создание базы данных для комплексного территориального кадастра природных ресурсов;
- обеспечить реализацию системы контроля деятельности промышленных объектов и транспортных средств, их влияния на состояние окружающей среды на особо охраняемых природных территориях, моделирование и прогнозирование возможных чрезвычайных ситуаций и оценка их влияния на экологическую обстановку.

Исходя из определенных выше целей и задач атласа, современного опыта атласного и геоинформационного картографирования, состояния изученности территории «Национального парка «Смоленское Поозерье», возможных направлений и перспектив его устойчивого развития, потребностей субъектов хозяйствования и органов управления разных территориально-иерархических уровней, наличия специалистов для создания атласа и возможностей привлечения для этого средств и рационального их использования, атлас создается как произведение многоцелевого применения, реализуемое в виде взаимосвязанных и взаимодополняющих версий: традиционная версия альбома полиграфически исполненных карт и базы пространственно-определенных данных в геоинформационной системе парка.

При взаимодополняющем значении форм реализации атласа, существенном "пересечении" их содержания (на первой стадии создания электронной версии), известной "структурной инвариантности", каждая форма представляет собой вполне самостоятельное картографическое произведе-



ние, имеющее собственную информационную, познавательную, прикладную и операциональную ценности.

В работе над созданием атласа национального парка были собраны, переведены в электронный вид и систематизированы обширные картографические, иллюстративные и атрибутивные материалы о различных компонентах природного комплекса, представляющие результаты многолетних научных исследований и хранящиеся в «Летописях природы», научных отчетах, диссертациях, монографиях и других публикациях, в архивах и фондах «Национального парка «Смоленское Поозерье».

На основе принципов комплексного системного картографирования [8, 10] была разработана логическая концепция атласа как картографической модели природного территориального комплекса «Национального парка «Смоленское Поозерье».

В систематизированной и доступной широкой аудитории форме представлены результаты геоморфологических, геологических, гидрологических, териологических, геоботанических, почвенных и комплексных ландшафтных исследований, описана и визуализирована естественная и антропогенная динамика ландшафта, включая самые последние изменения. Освещены такие вопросы, как история создания «Национального парка «Смоленское Поозерье», его значимость в национальных и мировых масштабах, современное природопользование и развитие туризма.

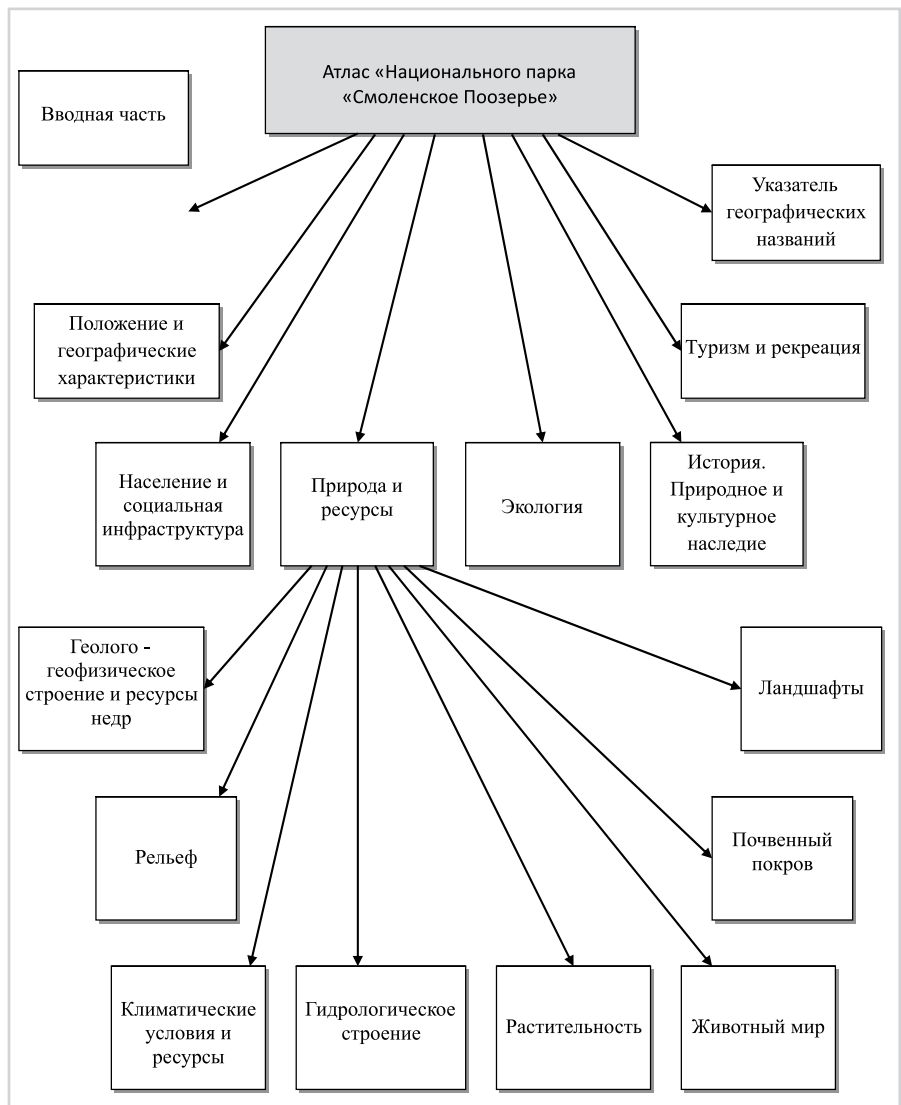
Структура атласа. Содержание Атласа «Национального парка «Смоленское Поозерье» разветвляется в шести крупных тематических картографических разделах и подразделах [рис.], обеспечивающих полноту охвата картами и другими материалами ключевой проблематики региона (его прошлого, настоящего и будущего), и двух вспомогательных разделах (вводном и справочном — указателе географических названий).

Тематикой карт "покрываются" области анализа и оценки природно-ресурсного и средовоспроизводящего потенциалов, определения полюсов развития, зон экологического риска и риска инвестиций, аспекты изменения природной среды под влиянием хозяйственной деятельности, направлений экополитики, стратегии устойчивого развития. Тематикой карт охватываются также проблематика современного географического, транспортно-географического и геополитического положения региона в целом, их значения как составляющих мирохозяйственных и геополитических процессов глобального, субглобального, национального и крупнорегионального уровней, сценарии эволюции и интеграции региона в экономическую жизнь Смоленской области, а также Центрального федерального округа Российской Федерации.

При разработке содержания отдельных карт, разделов атласа и произведения в целом использовались современные научные подходы — системный, оценочно-прогнозный, геоинженерный, эколого-географический и исторический (природный и социальный). При этом, объекты картографирования и их состояния, а также отношения между ними осмысливаются и представляются в атласе на трех уровнях обобщения: аналитическом (картографирование "однородных" объектов, их свойств, аспектов в одной системе показателей), комплексном (картографирование "совместно"

взаимосвязанных объектов и явлений или их сочетаний, каждых в своей системе показателей) и синтетическом (картографирование выделенных интегральных объектов с целостными характеристиками).

Атлас будет включать, наряду с картами, текстовые пояснения к ним и их группам, таблицы, схемы, графики и диаграммы, рисунки, наземные и аэрофотоснимки, космические снимки.



Структура атласа



Формат атласа, компоновка, масштабы и проекции карт. Научно-справочный характер атласа, его ориентация на научное и информационное обеспечение практических решений и действий по развитию региона, делает желательным и неизбежным опору на подробные, современные, достоверные и точные знания и материалы, а, следовательно, и применения возможно более крупных масштабов карт. В качестве основного масштаба для всех базовых общегеографических и тематических (геологической, структурно-морфологических, почвенной, растительности) карт принят масштаб 1:150 000. Указанным масштабом определяется избранный формат атласа (полиграфической версии) и "разрешающая способность" карт как традиционной, так и электронной его версий.

По предварительным расчетам, формат полиграфической версии составит 415,45×423,00 мм, соответственно по длине и высоте, в переплете (жестком) — 42×43 см. Избранный формат "делает" атлас произведением настольного и кабинетного пользования. Он позволяет гибко варьировать масштабами карт и их компоновками, то есть максимально учитывать особенности географического распределения картографируемых объектов, необходимые уровни картографирования (от детального до глобального), глубину проработанности потенциальных тем карт, изученности объектов и явлений (территорий и акваторий), и таким образом обеспеченность карт исходными материалами. Он обладает определенными преимуществами и в части удобства пользования атласом.

Аннотации к картам атласа. Вводная часть атласа содержит титульный лист, выходные данные, названия организаций, от имени которых выпускается атлас, перечень участников работ — создателей атласа, а также предисловие, оглавление.

В разделе «Положение и географические характеристики» раскрываются особенности макро-, мезо- собственно регионального и локального географического положения территории «Национального парка «Смоленское Поозерье».

В раздел «Геолого-геофизическое строение и ресурсы недр» включают карты, отображающие глубинное строение земли, закономерности движения и строения земной коры. Карты характеризуют магнитные и сейсмические силы, размещение и возраст различных образований. Отображаются морфология и тип тектонических форм, их кинематика, линеаменты и структуры, тектонические закономерности размещения геологических формаций в пространстве и времени, генетические типы осадков, размещение месторождений полезных ископаемых с оценкой прогнозных запасов, условия распространения и залегания подземных вод разных типов, эколого-геологические условия и оценки эколого-геологической опасности. Включены также карты новейших движений земной коры, крупномасштабные карты четвертичных и дочетвертичных отложений по полюсам роста с характеристикой инженерно-геологических условий местности. Раздел дополняется геологическими профилями и разрезами, блок-диаграммами, космическими снимками, фотографиями и рисунками геологических объектов и отдельных образцов полезных ископаемых, справочными сведениями. Геологическая карта, четвертич-

ные отложения, карта дочетвертичных образований и гидрогеологическая карта составляется в соответствии с "Инструкцией по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000". Карта эколого-геологических условий (масштаб 1:500 000) характеризует существующие геологические природные объекты, процессы и техногенные объекты, обостряющие экологическую обстановку на территории. Основные единицы картографирования — типы естественных ландшафтов и их морфологическая структура до уровня урочищ. В них показываются рельеф, неоген - четвертичные отложения, строение почв, пород зон аэрации, гидрогеологические характеристики. Каждый тип ландшафта характеризуется по степени геодинамической и геохимической устойчивости по трем градациям, которые определяются по комплексу известных геолого-географических факторов [2].

Рельеф. В разделе «Рельеф» на основе построенной цифровой модели рельефа разрабатываются следующие карты масштаба 1:150 000: гипсометрическая, геоморфологическая, вертикальная профильная кривизна, горизонтальная (плановая) кривизна, классификация форм рельефа, карта уклонов поверхности, общая кривизна, расчет видимого неба, эрозионный потенциал плоскостного смыва LS Factor, индекс конвергенции, экспозиция поверхности. Для Смоленского Поозерья можно выделить четыре формы четвертичных поверхностей (моренные возвышенности, водно-ледниковые холмы, озерно-ледниковые плато и речные долины), каждая из которых может быть дифференцирована на привершинные (основные) поверхности, верхние и нижние части склонов (или пойма, надпойменная терраса, коренной склон). Для территорий национального парка рельеф — главный фактор дифференциации; каждый тип поверхностей рельефа, обособленный в пространстве, ассоциируется с простым или сложным урочищем. В условиях сильно нарушенного растительного покрова карта типов поверхностей рельефа позволяет восстановить коренные типы растительности. Современный рельеф связан с последним оледенением Русской равнины, обилием четко выраженных форм мезорельефа водно-ледникового (озы), озерно-ледникового (плоские равнины) и озерно-аллювиального генезиса (речные террасы, поймы).

Одним из результатов расчета основных морфометрических характеристик является автоматизация аналитической светотеневой отмывки рельефа (Analytical Hillshading), выполненная путем расчета относительных освещенностей склонов при вертикальном, боковом или комбинированном освещении от одного или более источников.

Фундаментальные морфометрические параметры уклона и экспозиции взаимосвязаны, ведь оба эти показателя характеризуют градиент поверхности, т.е. интенсивность изменения ее значений в пространстве. Как производная поверхности первого порядка, градиент характеризуется величиной (уклоном - SLOPE) и направлением (экспозицией - ASPECT).

Уклон поверхности (SLOPE) — угол наклона в точке пересечения между горизонтальной плоскостью и плоскостью касательной к земной поверхности. Экспозиция поверхности (ASPECT) — угол по часовой стрелке меж-



ду определенным направлением и проекцией уклона на горизонтальную плоскость.

Кривизна рельефа — один из важнейших морфометрических показателей, отражающий потенциал концентрации или рассеяния вещества. По сути, кривизна — это вторая производная от поверхности или первая производная от уклона поверхности.

Выделяют общую кривизну поверхности, плановую и профильную. Положительные значения общей и плановой кривизны соответствуют выпуклым склонам, отрицательные — вогнутым, а для профильной кривизны — наоборот. Измеряется кривизна в долях от единицы высоты. Горизонтальная (плановая) кривизна (Plan curvature) — кривизна линии, образованной пересечением земной поверхности с плоскостью, перпендикулярной к направлению ориентации максимального градиента (экспозиции). Горизонтальная кривизна описывает градиент экспозиции вдоль заданного контура. Вертикальная (профильная) кривизна (Profile curvature) — кривизна линии, образованной пересечением земной поверхности и вертикальной плоскости. Вертикальная кривизна описывает градиент уклона вдоль заданного контура. На картах крутизны и экспозиции склонов, таким образом, оцениваются склоны в отношении возможностей практического использования территорий и, отчасти, их подверженности разрушительным процессам.

Для оценки топографических предпосылок к развитию плоскостного смыва используется индекс LS Factor (Length Steepness Factor). Эрозионный потенциал плоскостного смыва — фактор длины и крутизны склона (LS Factor) не имеет своей единицы измерения. Он представляет собой произведение фактора крутизны склона, который численно равен отношению количества смытой почвы со склона данной крутизны к количеству почвы, смытой с участка крутизной $4,5^\circ$ при одинаковой длине склона, и фактора длины склона, равного отношению количества почвы, смытой со склона данной длины, к количеству почвы, смытой с участка длиной 22,1 м при одинаковой крутизне на «эталонных» склонах. Результат расчета потенциала плоскостного смыва позволяет получить наглядное представление о характере развития данного процесса и разработать мероприятия по предотвращению деградации земельных ресурсов.

Цифровая модель рельефа может быть использована при оценке перемещения загрязняющих веществ, переносимых при движении воздушных масс и моделировании развития эоловых процессов. Существует целый ряд морфометрических показателей, описывающих различные аспекты взаимодействия атмосферных процессов и топографии. На основе цифровой модели рельефа рассчитываются индексы наветренного и подветренного эффектов, поверхность так называемого «дирекционного рельефа» — индекс степени превышения каждого элемента поверхности относительно окружающих и ряд других показателей, а также индекс топографической открытости территории.

Климатические условия и ресурсы. При изучении ландшафтных комплексов, планировании и проектировании мероприятий по их оптимизации и сохранению, довольно важным фактором выступает оценка

энергетических параметров природно-территориальных комплексов. Понятие об энергетике применяется в геофизике ландшафта и заключается в оценке и анализе энергии процессов функционирования природно-территориальных комплексов. Главным энергетическим процессом в ландшафтной сфере Земли является лучистая энергия Солнца. Поступление осуществляется преимущественно с суммарной радиацией, которая складывается из прямой (энергетическая экспозиция прямого солнечного излучения) и рассеянной (энергетическая экспозиция рассеянного солнечного излучения). Соотношение этих видов радиации обусловлено географическим положением, характером рельефа и оптическими свойствами атмосферы. Солнечная радиация определяет функционирование ландшафтного комплекса, биопродуктивность, направление и интенсивность перемещения вещества и энергии. Региональные и локальные особенности радиационного режима геосистем определяются следующими основными факторами: географическим положением, определяющим угол падения солнечных лучей, режимом облачности, запыленностью, экспозицией склонов (элементами мезорельефа), отражательной способностью деятельной поверхности, теплоемкостью литогенной основы. Для оценки биоэнергетических показателей природно-территориального комплекса используют фотосинтетическую активную радиацию, которая является основным энергетическим потоком для растительности, так как используется для важнейшего физиологического процесса – фотосинтеза.

Многоаспектная характеристика климата в атласе определяется его значением как одного из важнейших факторов развития хозяйства, а также условий жизни населения. Карты характеризуют основные элементы климата, различные климатические показатели, имеющие прикладное значение, климатические районы. Карты основных элементов климата и климатических показателей отображают климатообразующие факторы территории: суммарную солнечную радиацию и радиационный баланс, число дней без солнца, атмосферную циркуляцию; ветровой режим и ресурсы энергии ветра; термический режим: среднюю температуру воздуха за год и по месяцам, годовую и суточную амплитуду температуры воздуха, продолжительность безморозного периода и др.; режим увлажнения: осадки, продолжительность и интенсивность их выпадения, высоту снежного покрова, относительную влажность воздуха и т. д.; неблагоприятные и опасные атмосферные явления: туман, гололед, град, грозы, метель, ураганные ветры.

Гидрологическое строение. Гидрологические исследования и расчеты производятся с учетом основных географических и морфологических особенностей водных объектов и их водосборных бассейнов. Эти особенности отражают многочисленные гидрографические характеристики, определение которых входит в задачи гидрологической картометрии. Гидрографические характеристики есть совокупность морфометрических и морфологических характеристик водных объектов и их водосборов, дающих достаточно полное представление о характере, форме, размерах, протяженности водных объектов и некоторых физико-географических особенностях их водосборов. Морфометрические характеристики пред-



ставляют собой количественные показатели водных объектов и водосборов, а морфологические — качественно-количественные показатели строения поверхности водосборов.

В разделе «Гидрологическое строение» разрабатываются следующие карты масштаба 1:150 000: гидрографическая карта, батиметрические карты озер, средний годовой сток рек, водосборные суббассейны рек, густота речной сети, карта болот, ледовый режим рек, половодье, паводки. Для удобства рассмотрения морфометрические характеристики подразделяются на три группы:

- морфометрические характеристики водотоков — количественные показатели, дающие представление о размерах, форме, уклонах различных водотоков. К ним относятся: длина, гидрографическая длина, средний уклон, координаты продольного профиля, извилистость, координаты поперечного профиля;
- морфометрические характеристики водоемов, которые представляют собой также количественные показатели, характеризующие вид, форму, высотное положение, размеры ложа водоемов и объемы воды в них. К ним относятся: площадь водоема, площадь водосбора, уровень воды, средняя глубина, максимальная глубина, объем озера (полный и полезный), длина, максимальная ширина и координаты батиграфической кривой водоема;
- морфометрические характеристики водосборов — количественные показатели, дающие представление о форме, размерах и пространственном положении водосбора. К этим характеристикам относятся: площадь, средняя высота, средний уклон склонов, густота речной сети, густота русловой сети, площадь замкнутых впадин, координаты гипсографической кривой, коэффициент канализованности речной сети.

Морфологические характеристики водосборов — качественно-количественные показатели, характеризующие особенности строения водосбора. К ним относятся: озерность, взвешенная озерность, количество и суммарная площадь естественных сточных и бессточных водоемов, количество и суммарная площадь искусственных водоемов, заболоченность, распаханность, лесистость, оледененность, урбанизированность, закарстованность, характер почво-грунтов водосбора, мерзлотность [5, 15].

Почвенный покров. В работах и других материалах подробно отражается разнообразная и многоаспектная информация о почвенном покрове Национального парка «Смоленское Поозерье», соответствующая современному уровню его изученности, в том числе о почвах, их устойчивости, экологических аспектах и хозяйственном освоении. Приводятся профили типичных почв, включая рисунки, фотографии, а также графики, генетические описания, важные для исследования изменений почв во времени. Для разрезов с достаточно точной локализацией при возможности помещаются географически привязанные фотографии ландшафтов, характерных для распространения данной почвы.

Почвы — наиболее консервативный компонент экосистем, они играют ведущую роль в формировании, поддержании и сохранении биологического разнообразия на всех уровнях. Почва является средой обитания

огромного количества организмов. Как гетерогенная полидисперсная биокосная система, почва представляет собой совокупность огромного числа разнообразных экологических ниш, удовлетворяющих потребности различных биологических видов. Именно почва определяет как структурные и функциональные особенности экосистемы на всех уровнях ее организации, так и разнообразие экосистем. Большинство функциональных связей внутри экосистем и между ними проходят через почву. Благодаря способности почвы сохранять информацию об истории экосистем, они могут играть важную роль не только в сохранении, но и в восстановлении биологического разнообразия нарушенных или уничтоженных экосистем.

Почвообразующими породами на территории национального парка являются преимущественно ледниковые отложения: валунные суглинки, супеси, флювиогляциальные пески, озерно-ледниковые отложения. Они чрезвычайно разнообразны и пестры по гранулометрическому составу, по переслаиванию, по частой смене в пространстве. Преобладают породы легкого гранулометрического состава. Их сложные сочетания обуславливают высокую пестроту почвенного и растительного покрова. Разнообразие почв в атласе, закономерности их распространения и взаимосвязи с растительностью и другими факторами почвообразования, исследовали с помощью широкого комплекса методов, включающего сравнительно-географический, профильный, морфологический, метод почвенных ключей и др. Основой служил профильный метод, подразумевающий изучение почвы с поверхности на всю глубину ее толщи последовательно по генетическим горизонтам вплоть до материнской породы [3].

Растительность. В разделе Растительность представлена информация о разнообразии, динамике, уникальности, воспроизводимости, ресурсном потенциале флоры национального парка. Разрабатываются следующие карты масштаба 1 : 150 000: карта современной растительности, карта биотопов, карта редких видов растений, карта видов растений, занесенных в Красную книгу Смоленской области, состав древесных пород, возрастной состав леса, карта типов леса, карта типов лесорастительных условий, карта лесорастительных зон, карта распределения покрытых лесной растительностью земель по классам бонитета, карта очагов вредных организмов, загрязнений и иных негативных воздействий на леса, карта классов пожарной опасности, динамика изменения лесного покрова, карта потерь леса по периодам. Раскрывается геоботаническая типология, описываются подразделение и история изучения флоры. Указывается количество семейств, отрядов, родов, видов, их биоценотическое и экологическое значение. Карта комплексного биогеографического районирования отражает связь биоты с факторами внешней среды. В сопровождающем карту тексте даётся список растительных сообществ и видового состава, упомянутых в легенде групп растительности. На фотографиях показываются растительные сообщества, а также наиболее распространенные или чем-либо интересные редкие растения. Также в тексте, рисунках и фотографиях даётся информация о наиболее типичных сообществах растительности, доминирующих видах, оценивается системообразующая роль, её экологическое



значение, а также изменения ландшафтов при несбалансированном антропогенном подавлении.

Карта современной растительности национального парка построена с использованием типологического принципа на основе эколого-фитоценотического подхода [1, 3, 14]. На картах показан современный растительный покров, который включает как коренные, так и производные растительные сообщества, находящиеся в разных стадиях восстановления или деградации. Легенда карты растительности состоит из подразделов, которым соответствуют группы типов — лесная, луговая и болотная растительности. Самостоятельным разделом приводится вторичная кустарниковая растительность, мелколесья и сельскохозяйственные земли.

В основу создания карты актуальной растительности положены результаты геоботанических исследований, проведенных на территории национального парка в 2000–2016 гг. Так же в качестве первичных данных использованы материалы лесоустройства, проведенного в 2013–2015 гг., землеустроительные материалы 2016 г., данные дистанционного зондирования и, кроме того, материалы, полученные из открытых источников.

Для создания карты динамики изменения лесного покрова и карты потерь леса по периодам использовались снимки Landsat (сканеры TM и ETM+) с 1984 по 2012 г., полученные из глобального архива. Для анализа использовали только данные, обработанные до уровня L1T (прошедшие ортокоррекцию). Космические снимки выбирались только в пределах вегетационного сезона, временные рамки которого были определены с использованием многолетних средних значений вегетационного индекса (NDVI). Кроме того, использовались данные дистанционного зондирования Согопа — источника исторической спутниковой информации среднего и высокого разрешения, в свое время рассекреченной Министерством Обороны США и находящейся в открытом доступе. По «Национальному парку «Смоленское Поозерье» снимки Согопа доступны с разрешением 1,8 метра за июль 1970 года. Для картографирования нарушений лесного покрова применялся метод классификации с обучением. Основной целью исследования является создание пространственно-временного набора данных, отражающего динамику лесного покрова национального парка в течение 46 лет (1970–2016). Чтобы преодолеть несоответствие понятий и методов оценок лесохозяйственных характеристик, использовали архив данных космической съемки. Лесной покров в анализе определялся набором биофизических признаков — сомкнутость крон деревьев и высота насаждения, что не всегда соответствует критериям кадастра земель и лесоустройства. Данные спутниковых наблюдений лучше подходят для мониторинга запасов углерода, чем лесотаксационные данные. Полученные результаты иллюстрируют изменения лесного покрова в ходе изменения условий после создания национального парка в 1992 году [1, 3, 14].

Животный мир. В разделе «Животный мир» представлена информация о разнообразии фауны национального парка и разрабатываются карты масштаба 1 : 150 000: териогеографическая карта, карта млекопитающих, занесенных в красную книгу РФ и Смоленской области [7], орнитогеографическая карта [13], редкие и охраняемые птицы (журавли, коростель, бе-

кас, белый аист, весенний и осенний пролет) [13], насекомые-вредители [12], находки жесткокрылых насекомых, представляющие зоогеографический интерес [12], карта насекомых, занесенных в красную книгу РФ и Смоленской области [7], рыбы, амфибии, рептилии, занесенные в Красную книгу РФ и Смоленской области [7, 15], популяция и видовой состав рыб внутренних водоемов [15], местообитание и видовой состав рукокрылых. На картах распространения животных показаны ареалы распределения отдельных животных или их групп, связанных общими местообитаниями. При повсеместном распространении вид обозначается значком. Состав групп для ареалов описывается в легенде. На фотографиях, рисунках и в описаниях показываются биологические особенности, жизненный цикл и экология наиболее распространённых или особенно интересных животных. Отмечается соотношение обитающих на нем разных групп животных. В легенде приводится список всех животных преимущественно до подвиговой формы, цветом шрифта выделяются виды, внесённые в Красные книги разных уровней. На карте ихтиофауны показываются характерные местообитания, основные группы пресноводных рыб с учетом взаимосвязей видов в группах, в том числе трофических, для чего показывается полный спектр видов, а не только хозяйственно значимых. Виды, не входящие в конкретные группировки, представляются отдельным списком. Карта дополняется перечнем видов ихтиофауны в группах, пояснениями характера распределения биоценотических групп рыб в толще вод озёр и рек, суточных и сезонных миграций. Приводятся фотографии и рисунки особей наиболее массовых, а также редких или чем-либо особенно интересных видов.

Карта миграции птиц отражает сезоны и маршруты перемещений перелётных гнездящихся птиц, улетающих на зимовку к югу, перелётных зимующих птиц.

На карте насекомых отражены группы насекомых по выделам основных природных и антропогенных биотопов, их типология, эндемичные и редкие виды. Цветом и другими приёмами выделяются виды, обитающие преимущественно в данном выделе, эндемичные виды, включённые в Красные книги разных уровней. Виды, распространённые во всех выделах, даются отдельным списком. Указываются особенности биологии, заселяемые биотопы, общее распространение, рекомендуемые меры охраны. На фотографиях, рисунках отображаются массово распространенные, а также редкие и охраняемые виды (облик взрослых особей, личиночных форм и куколок), для которых описаны биотопы, особенности биологии и экологическое значение, в частности, роль в поддержании экологического равновесия в биосфере.

Ландшафты. Карты и другие материалы раздела дают представление о своеобразии ландшафтов, их сезонных состояниях, об истории их формирования. Приводится оценка устойчивости современных ландшафтов по отношению к возможным воздействиям на них хозяйственной деятельностью человека. Все представленные на картах характеристики и особенности ландшафтов учитываются при составлении карты физико-географического районирования. Карты дополняются большим количеством текстовых



описаний, наземных фотографий, аэрофото- и космических снимков, блок-диаграмм, ландшафтных профилей, рисунков и т.д.

Тематическое содержание ландшафтной карты предусматривает отображение морфологических единиц ландшафта ранга сложных урочищ, групп урочищ и местностей. Реально используемыми для описания ландшафтных единиц характеристиками будут: рельеф, геоморфология, геология, растительность (уровень формаций и, возможно, групп ассоциаций), общий характер почво-грунтов и их увлажненность.

Население и социальная инфраструктура. Карта «Население и его динамика» характеризует размещение населения по территории национального парка, отображает динамику и направления движения населения. Показываются населенные пункты с градацией по количеству жителей и внутренним делением по возрастной структуре. Цветом выделяются названия населенных пунктов с растущим, стабильным и убывающим населением за последние 15 лет. Цветными стрелками показываются направления миграций населения с численностью и возрастной структурой за последние 15 лет. Фоном дается показатель плотности населения по муниципальным образованиям. В диаграммах и графиках, дополняющих карту, отображаются показатели численности населения, его естественного прироста, половозрастные пирамиды по муниципальным образованиям за последние 15 лет. Социальная сфера и обслуживание населения отражается с помощью текстов, графиков и диаграмм, которые раскрывают весь комплекс основных социальных отношений, сложившихся на территории: уровень развития социальной сферы, бытовые условия проживания населения, его обеспечение продуктами питания, снабжение водой и электроэнергией, обеспеченность предприятиями здравоохранения и рекреации.

Экология. В разделе собраны карты зонирования биосферного резервата, особо охраняемых природных территорий, карта экологических сетей, в которых отражаются основные аспекты состояния и изменения свойств окружающей человека природной среды региона, оценки природных условий жизни и деятельности населения, мероприятия, направления и стратегии действий по поддержанию экологического равновесия в регионе. Раздел содержит пояснительный текст, дающий общую характеристику экологических проблем и ситуаций в регионе, их специфические преломления, тенденции развития, описан позитивный опыт по предупреждению и ликвидации негативных последствий хозяйственной деятельности.

В пределах ареалов–контуров категорий использования земель и ландшафтных подразделений, выделяются, оцениваются и комплексированы характеристики состояния и изменения геологической среды и литогенной основы, почвенного покрова, водной среды, атмосферного воздуха, биоты (растительного и животного мира), воздействия и состояния добывающей и обрабатывающей промышленности, сельского хозяйства, транспорта, рекреации, коммунально-бытового хозяйства, показатели демо-экологической обстановки.

Создание в рамках Европейского Союза взаимосогласованной сети особо охраняемых природных зон (проект «Natura 2000», поддержанный

РФ) является одним из мероприятий по восстановлению и сохранению экологически значимых природных территорий.

На территории Смоленской области несколько категорий особо охраняемых природных территорий. Кроме того, охраняемые территории региона не образуют единую систему, способную комплексно выполнять функции сохранения природы. Разбросанные по территории, разрозненные и не имеющие коридоров связи, они сохраняют в состоянии, близком к естественному, лишь небольшие участки территории. В связи с этим целесообразно проектировать схему экологического каркаса области.

Конечным результатом деятельности в области территориальной охраны природы должен стать экологический каркас — защищённая при помощи правовых норм и иными способами система функционально и территориально взаимосвязанных природных территорий, обеспечивающая поддержание экологического баланса и благоприятной среды обитания в регионе своего местонахождения, то есть адекватно защищённый природный каркас.

Методологические принципы формирования экологического каркаса:

- принцип повсеместности: обеспечение экологических функций природного каркаса по всему региону;
- принцип соответствия антропогенным нагрузкам: постоянное развитие экологического каркаса в связи с ростом антропогенных нагрузок;
- принцип относительности оценки: определение значения территории в природном каркасе на основе сравнения, прежде всего, с ближайшими к ней территориями;
- принцип приоритета аборигенной биоты: выявление ключевых территорий природного каркаса по максимальной сохранности аборигенных природных сообществ;
- принцип целостности сукцессионных систем: защита критически важных стадий зональных сукцессионных систем на ключевых территориях и обеспечение экологических связей между всеми стадиями сукцессии;
- принцип целостности ландшафтного профиля: обеспечение целостности структурно-функционального ряда природных сообществ, занимающих все позиции катены от элювиальной до аккумулятивной;
- принцип преемственности: формирование экологического каркаса на основе всего многообразия ранее созданных ОПТ;
- культурно-этнологический принцип: объекты, выявленные на основе традиционного знания и охраняемые в соответствии с местными обычаями, входят в состав экологического каркаса в качестве имеющих наилучшие предпосылки для сохранения;
- принцип полифункциональности: одна и та же территория может выполнять разные функции по отношению к разным объектам живой природы;
- принцип иерархической структуры: в пределах структурных элементов высшего порядка могут быть расположены элементы более низкого уровня.

Сформированный экологический каркас должен поддерживать следующую принципиальную пространственно-функциональную структуру природного каркаса:



- ключевые природные территории, непосредственно обеспечивающие поддержание экологического баланса, сохранение природных комплексов, их компонентов и биологического разнообразия;
- транзитные территории, благодаря которым поддерживаются экологические связи между КПТ;
- буферные территории, защищающие ключевые и транзитные территории от неблагоприятных внешних воздействий.

В состав экологического каркаса при необходимости могут также входить восстанавливаемые природные территории, на которых проводятся специальные мероприятия с целью восстановления существенных свойств ключевых, транзитных или буферных территорий, ранее выбывших из природного каркаса.

История. Природное и культурное наследие. Раздел содержит карту археологических и культурных памятников, схему предполагаемой территории местности Вержавляне Великие на карте правобережной части Смоленского уезда XVI–XVIII вв.; планы генерального межевания Поречского уезда; «Генеральная карта Смоленской губернии, на уезды разделенная, 1773 г.»; Атлас Смоленской губернии конца XVIII века, 1795 г., Поречский уезд; карта Смоленского наместничества 1796 г.; «История войны 1812 года (1824 г.)», карта страны в 1812 г., карта Смоленской губернии с показанием направления внешних и внутренних сбытовых земледельческих произведений 1855 г.; карта Смоленской губернии с показанием разного рода почв лесистых пород и развития промысловой деятельности 1855 г.; трехверстная военная топографическая карта Российской империи "карты Шуберта-Тучкова"; военно-топографическая карта генерального штаба рабоче-крестьянской красной армии РККА; схема Духовщинской наступательной операции 1943 г.

Раздел дает представление о размещении коренного населения, об основных событиях, связанных с историей освоения и научного изучения Смоленского Поозерья, об особо охраняемых природных территориях, о размещении уникальных объектов и памятников природы, археологических и исторических памятниках и памятных местах, о топонимике, о людях, внесших существенный вклад в изучение и освоение территории. Представлена история изменений политико-административного устройства в регионе на протяжении последних трехсот лет. В раздел включен ряд исторических документов, карт и описаний, дающих наглядное представление о первоначальных географических исследованиях. Должное внимание уделено событиям, связанным с освобождением Смоленщины в 1943 году.

Карта археологических памятников показывает места обнаружения поселений, стоянок и отдельных находок, относящихся к различным культурам. Карту дополняют иллюстрации: изображения предметов, обнаруженных при археологических раскопках, старые фотографии и характерные предметы материальной культуры [4, 8, 18, 19].

Туризм и рекреация. Раздел содержит карту «Функциональное зонирование Национального парка «Смоленское Поозерье», карту туристических маршрутов и туристической инфраструктуры, границы, маршруты и сто-

янки Детской Лесной Республики «Гамаюния» – особой детской природной территории в Национальном парке «Смоленское Поозерье».

Электронная версия атласа. Наряду с традиционной полиграфической версией атласа, создается его электронная версия. В качестве программных продуктов, обеспечивающих создание ГИС-версии атласа, используется платформа ОАО «НПК «РЕКОД». Национальный парк «Смоленское Поозерье» вошел в Программу создания многоуровневой системы мониторинга и навигационного обеспечения спутниковой системой «ГЛОНАСС/GPS» режима охраны и использования природных комплексов Национального парка «Смоленское Поозерье» (проект «Космический парк»).

Главной целью проекта является формирование типовой системы мониторинга и управления национальных парков и приравненных к ним охраняемых природных территорий. Комплексный проект развития парка реализуется на основе системы спутникового мониторинга и автоматизированной системы управления охраняемой природной территории.

Система предназначена для наблюдения поверхности охраняемой территории и передачи полученных данных на наземные средства приема и обработки информации для решения задач в интересах заказчика.

Для реализации этого проекта сформирована совместная рабочая группа из представителей ОАО «НПК «РЕКОД» и Национального парка с привлечением представителей других организаций, осуществляющих свою научно-практическую деятельность на базе этого парка – Фонд экотуризма «Дерсу Узала», Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова.

Заключение

Проведенные исследования по вопросам проектирования и создания Атласа «Национального парка «Смоленское Поозерье» показали научную и практическую целесообразность, логическую необходимость и историческую актуальность, а также возможность подготовки и выпуска в свет крупного современного картографического произведения, посвященного комплексной характеристике региона. Атлас сконцентрирует многоаспектную информацию и знания о природно-ресурсном и средовоспроизводящем потенциалах региона, условиях их освоения и использования, населении, хозяйстве и перспективах его развития, экологии, истории, наследии. В качестве произведения многоцелевого назначения атлас будет полезным для ученых, специалистов-практиков, проектировщиков, хозяйственников, управленцев и иных лиц, принимающих решения, а также бизнесменов, политиков, вузовских работников.

Библиографический список

1. Груммо Д. Г. Отчет о научно-исследовательской работе Инвентаризация и оценка состояния модельного комплекса болот с обоснованием и апробацией системы. Груммо Д. Г., Судник А. В., Созинов О. В., Мойсейчик Е. В., Зеленкевич Н. А., Жилинский Д. Ю., Русецкий С. Г., Гречан Л. Н. Национальная академия наук Беларуси. ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» (2013): 183
2. Заikanов В. Г. Отчет по геологическим, геоботаническим и ландшафтным исследованиям на территории НП «Смоленское Поозерье» 2007, 2009 гг. Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН (2010), 63с



3. Копчик Г. Н., Березина Н. А. Растительность и почвы Национального парка "Смоленское Поозерье" НИА-Природа Москва, 2003. 316 с.
4. Косенков Г. Л. Памятники археологии национального парка "Смоленское Поозерье". Смоленск: "Маджента", 2005. 136 с.
5. Кремень А. С. Природа озер Смоленской области и их хозяйственная оценка 1970. Диссертация на соискание учёной степени кандидата географических наук.
6. Круглов Н. Д. Комплексное изучение состояния природы Смоленского Поозерья в целях охраны и рационального использования на момент организации в этом регионе национального природного парка (Итоговый отчет за 1991–1995 гг.). Смоленский педагогический институт (1995), Круглов Н. Д., Козлов В. Б., Шкаликов В. А., Андриевский И. В., Бичерев А. П., Антощенко В. Ф., Яковлева Ж. А., Батырева В. А., Богомоллова Т. В., Федоскин Н. В., Шмидт Е. А., Гаврилиенков В. М., Андреенкова И. В. Смоленск, 1995. 481 с.
7. Круглов Н. Д. Красная книга Смоленской области : Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений / отв. ред. Н. Д. Круглов. — Смоленск : Изд-во СГПИ, 1997. — 294 с.
8. Курмановский В. С. К исторической географии местности Вержавляне Великие / История военного дела: исследования и источники. - 2015. — Специальный выпуск IV. Смоленские войны XV-XVII вв. — Ч. I. — С. 150-179
9. Медведев А. А. Методика создания мультимедийного регионального атласа. Москва, 2008
10. Проект «Космический парк» http://newmongol.rekod.ru/projects/providing_critical_facilities/space_park/
11. Салищев К. А. Картоведение Учебник. — 3-е изд. — Москва: МГУ, 1990. — 400 с.
12. Семёнов В. В. Жесткокрылые насекомые (Insecta : Coleoptera) Национального парка "Смоленское Поозерье". / Семенов В. Б., Гильденков М. Ю., Стародубцева О. А., Семионенков О. И. — Смоленск : Маджента, 2012. — 190 с.
13. Сиденко М. В. Отчет о научной работе, выполненной в 2007, 2008, 2009, 2010 году.
14. Судник А. В. Анализ текущего состояния растительности, отдельных популяций охраняемых и инвазивных видов растений на заложенных в 2015 г. пунктах наблюдения мониторинга растительного мира Национального парка «Смоленское Поозерье». Судник А. В., Масловский О. М., Вознячук И. П., Дубовик Д. В., Терешенко С. С., Голушко Р. М. Национальная академия наук Беларуси. ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича» (2015): 257 с.
15. Хохряков В. Р. Экологическая характеристика водоёмов национального парка "Смоленское Поозерье" и их рациональное использование. Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук. Смоленск, 2001, 168 с.
16. Шкаликов В. А. Ландшафтные исследования для целей мелиорации земель (на примере Смоленского Поозерья). Диссертация на соискание учёной степени кандидата географических наук. Москва, 1975, 167 с.
17. Шкаликов В. А. Особо охраняемые природные территории Смоленской области / В. А. Шкаликов, М. А. Ерашов, И. А. Борисовская. — Смоленск: Универсум, 2005. — 464 с.
18. Шмидт Е. А. Шугайлово (Комплекс археологических памятников) — Смоленск: Свиток, 2013. — 136 с.
19. Шмидт Е. А. Кривичи Смоленского Поднепровья и Подвинья (в свете археологических данных) — Смоленск, 2012. — 168 с.

К ВОПРОСУ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ БИОТОПОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

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

*Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси*

Биотопы (аналог в мировой литературе «местообитание»)¹ являются центральным звеном европейской природоохранной политики [4]. В 1992 году была принята Директива 92/43/ЕЕС «Об охране природных мест обитания, дикой флоры и фауны» [6] (далее Директива о местообитаниях или Habitats Directive), которая вместе с Директивой об охране диких птиц формирует основу природоохранного законодательства Европейского союза (ЕС). Директива является юридическим инструментом, позволяющим странам построить общеевропейскую систему охраны видов дикой флоры и фауны, а также природных местообитаний, сохранение которых представляет интерес для всех государств-членов ЕС. Местообитания также рассматриваются в Рамсарской и Бернской конвенциях [2,5]. Сохранение местообитаний является одной из целей Конвенции по Биологическому разнообразию [1].

Европейское агентство по охране окружающей среды в настоящее время рассматривает Приложение I Директивы о местообитаниях (The Annex I of the Habitats Directive) в качестве центральной для организации системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в странах ЕС. Приложение Директивы содержит список местообитаний, которые требуют специальной охраны [6]. Эти местообитания описаны с различной степенью детальности в Руководстве по интерпретации биотопов ЕС, в котором приводится ряд диагностических параметров и списки характерных видов [7,8].

В связи с расширением ЕС [9] список в Приложении I Директивы о местообитаниях [6] увеличился со 170 (1992 г.) до 231 местообитаний (2007 г.). Каждая страна ЕС имеет утвержденный перечень видов и местообитаний, распространенных на ее территории, несет ответственность за их сохранение и должна с регулярностью раз в 6 лет представлять отчеты в ЕС.

Принципы концепции биотопов как основы для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия только начинают применяться в Беларуси. Существенные трудности в этом процессе создают отечественные традиции развития природоохранного дела, а также некоторые проблемы научного плана, прежде всего, недостаточное развитие эколого-флористической классификации растительности, слабое взаимодействие между географами и биологами при разработке теоретических основ за-

¹ Биотоп — природный объект (участок территории или акватории) с однородными экологическими условиями, являющийся местом обитания сообщества тех или иных видов диких животных и произрастания дикорастущих растений [3].



поведного дела, существенное различие в подходах, применяемых при проектировании и создании особо охраняемых природных территорий в странах Западной Европы и Беларуси.

Вместе с тем в последние годы в нашей стране с учетом Habitats Directive разработаны перечень, критерии выделения, а также требования к охране редких и типичных биотопов, введен технический кодекс установившейся практики (ТКП) 17.12-06-2014 «Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов» [3]. Все большее применение в планировании и управлении землепользованием находят вопросы инвентаризации и картографирования местообитаний. Это позволяет активно интегрировать концепцию биотопов в отечественную природоохранную практику. В связи с этим составление крупномасштабной тематической карты охраняемых в Европе биотопов Национального парка «Нарочанский» является своевременной и актуальной задачей.

В рамках проекта «*Инвентаризация биотопического разнообразия Национального парка «Нарочанский». Составление цифровой карты редких и типичных биотопов в масштабе 1:25 000*» нами в 2016–2017 гг. была проведена инвентаризация и картографирование биотопического разнообразия особо охраняемой природной территории.

В результате исследований установлено, что 52,9% местообитаний национального парка «Нарочанский», относятся к охраняемым в Европе (рисунок 1). Критериям Директивы о местообитаниях соответствуют 98,4% площади местообитаний пресноводных водоемов и водотоков; лугов – 89,9%; болот – 58,5%; лесов – 57,5%.

Всего на территории национального парка выделено 22 типа местообитаний Habitats Directive (рисунок 1, таблица 1):

- 3 биотопа пресноводных водоемов и водотоков (коды 3140, 3150, 3160) с общей площадью 16,49 тыс. га (18,9% территории ООПТ);
- 1 биотоп склерофильных кустарников (5130), встречается фрагментарно (<0,1%);
- 7 биотопов естественных и полуприродных лугов (2330, 6210, 6230, 6270, 6510, 6430, 6450) – 2,63 тыс. га (3,0%);
- 5 биотопов болот (7110, 7120, 7140, 7160, 7230) – 1,36 тыс. га (1,6%);
- 6 биотопов лесов (9010, 9020, 9050, 9080, 91D0, 91T0) – 25,72 тыс.га (29,4%)

Преобладают следующие типы биотопов (см. рисунок 1, см. таблицу 1): 9010 – 15,3 тыс. га (17,5% площади ООПТ); 3140 – 9,8 тыс. га (11,2%); 9080 – 7,4 тыс. га (8,5%); 3150 – 6,5 тыс. га (7,6%).

По функциональным зонам биотопы Habitats Directive распределились следующим образом (см. таблицу 1, рисунок 2): абсолютно заповедная зона (АЗЗ) – 4039,4 га (52,3% от общей площади зоны); зона регулируемого использования – 39687,8 га (68,7%); рекреационная зона – 479,8 га (41,4%); хозяйственная зона – 1818,6 га (9,7%).

Весьма интересным представляется анализ распределения биотопов Habitats Directive в разрезе участков с абсолютно заповедным режимом. На 4 территориально разобщенных участках АЗЗ доля местообитаний,

соответствующих критериям Директивы о местообитаниях колеблется от 17,7% (участок № 3) до 89,8% (участок № 2) (таблица 2, рисунки 3, 4). В пределах участков АЗЗ основное ядро составляют лесные биотопы Habitats Directive (3802,0 га или 49,7% от общей площади зоны); незначительные площади занимают редкие местообитания болот (228,5 га — 3,0%); фрагментарно встречаются важные с природоохранной точки зрения луговые местообитания (8,9 га — 0,1%). Совершенно не представлены в условиях заповедного режима редкие биотопы пресноводных водоемов и водотоков. В заповедной зоне охраняются только 6 из 22 (27%) местообитаний Habitats Directive, выделенных на территории национального парка. Наиболее представлены в АЗЗ следующие типы биотопов: 7230 — 76,8% (от общей площади на территории национального парка) находится на участках с абсолютно заповедным режимом; 91D0 — 48,1%; 9050 — 48,0%; 7110 — 21,4%; 7140 — 14,5%; 9010 — 12,5% (см. таблицу 1). Все остальные местообитания, соответствующие критериям Habitats Directive в АЗЗ представлены преимущественно в долях <1–2% от общей площади, занимаемой на территории национального парка.

Полученная информация может стать важным этапом при разработке новой научно обоснованной схемы зонирования национального парка «Нарочанский», поскольку выделенные участки с абсолютно заповедным режимом не в полной мере репрезентативны и не обеспечивают в должной мере сохранение важных для региона природных местообитаний. При этом основная доля (86,4%) редких и типичных биотопов региона охраняется в зоне регулируемого использования, где возможны конфликтные ситуации в связи с более мягким природоохранным режимом.

Список использованных источников

1. Конвенция о биологическом разнообразии // Организация Объединенных Наций. — [Электронный ресурс]. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml. — Дата доступа: 10.11.2017.
2. Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц. [Электронный ресурс]. URL: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=37. — Дата доступа: 10.11.2017
3. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Растительный мир. Правила выделения и охраны

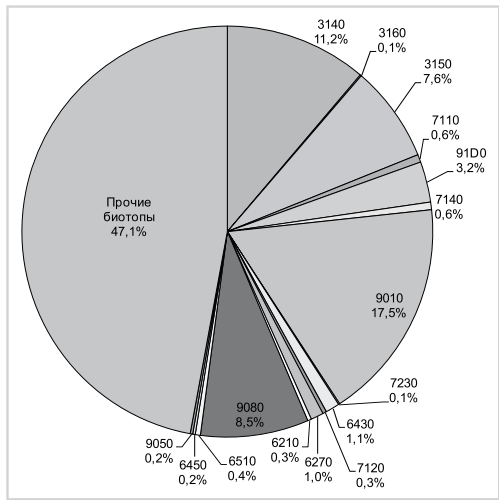


Рисунок 1 — Анализ местообитаний Национального парка «Нарочанский» на соответствие критериям Habitats Directives (условные обозначения см. в таблице)

Таблица 1 – Распределение площадей биотопов, соответствующие критериям Habitats Directives, по функциональным зонам Национального парка «Нарочанский»

Код биотопа	Наименование типа биотопа	В целом по парку		Функциональные зоны							
		га	%*	абсолютно заповедная зона		зона регулируемого использования		рекреационная зона		хозяйственная зона	
				га	%**	га	%**	га	%**	га	%**
БИОТОПЫ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ		16487,6	18,9	—	—	16487,4	100,0	0,2	<0,1	—	—
3140	Олиго-мезотрофные водоемы с жесткой водой и бентосными сообществами харофитов	9797,6	11,2	—	—	9797,4	100,0	—	—	—	—
3150	Естественные эвтрофные озера с растительностью со- юзов MAGNOROTAMION или HYDROCHARITATION	6511,6	7,5	—	—	6511,6	100,0	—	—	—	—
3160	Естественные дистрофные во- доемы	178,4	0,2	—	—	178,4	100,0	—	—	—	—
БИОТОПЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ПОЛУЕСТЕСТВЕННЫХ ЛУГОВ		2628,0	3,0	8,9	0,3	940,7	35,8	20,4	0,8	1658,0	63,1
6210	Полуестественные сухие луга и древесно-кустарниковые ред- колесья на карбонатных почвах (FESTUCO-BROMETALIA)	288,7	0,3	—	—	80,8	27,9	4,5	1,6	203,4	70,5
6270	Многовидовые сухие и умерен- но влажные луга низменностей Фенноскандии	866,2	1,0	—	—	44,0	5,1	15,1	1,7	807,1	93,2
6510	Сенокосные луга низменностей (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	364,5	0,4	—	—	364,5	100,0	—	—	—	—

Продолжение таблицы 1

Код биотопа	Наименование типа биотопа	В целом по парку		Функциональные зоны							
				абсолютно заповедная зона		зона регулируемого использования		рекреационная зона		хозяйственная зона	
		га	%*	га	%**	га	%**	га	%**	га	%**
6430	Гидрофильные высокоотравные экотонные сообщества равнин и гор до Альпийского пояса	926,9	1,1	5,3	0,6	307,3	33,1	0,8	0,1	613,5	66,2
6450	Бореальные пойменные луга	181,7	0,2	3,6	2,0	144,1	79,3	—	—	34,0	18,7
БИОТОПЫ БОЛОТ											
7110	Верховые болота	1363	1,6	228,5	16,8	1105,8	81,1	2,6	0,2	26,1	1,9
7120	Нарушенные верховые болота, способные к естественному восстановлению	538,8	0,6	115,2	21,4	421,0	78,1	2,6	0,5		
7140	Переходные болота и трясины	256,5	0,3	—	—	256,4	100,0	—	—	0,1	<0,1
7230	Карбонатные низинные болота	517,5	0,6	74,9	14,5	426,6	82,4	—	—	16,0	3,1
БИОТОПЫ ЛЕСОВ											
9010	Западная тайга	50,0	0,1	38,4	76,8	1,6	3,2	—	—	10,0	20,0
9020	Феноскандинавские гемибореальные естественные широколиственные леса (с дубом, липой, кленом, ясенем или вязом), богатые элифитами	25727,0	29,4	3802,0	14,8	21333,9	82,9	456,6	1,8	134,5	0,5
9050	Феноскандинавские слоные леса с богатой травянистой растительностью	15253,5	17,5	1906,3	12,5	12956,4	85,0	358,4	2,3	32,4	0,2
		30,5	<0,1	—	—	30,3	99,3	—	—	0,2	0,7
		191,5	0,2	91,9	48,0	99,3	51,8	—	—	0,3	0,2

Код биотопа	Наименование типа биотопа	В целом по парку		Функциональные зоны							
				абсолютно заповедная зона		зона регулируемого использования		рекреационная зона		хозяйственная зона	
		га	%*	га	%**	га	%**	га	%**	га	%**
9080	Феноскандинавские листопадные заболоченные леса	7435,0	8,5	450,3	6,1	6786,1	91,2	97,8	1,3	100,8	1,4
91D0	Болотные леса	2815,1	3,2	1353,4	48,1	1460,5	51,9	0,4	<0,1	0,8	<0,1
91T0	Сосновые лиственныйковые леса Центральной Европы	1,4	<0,1	—	—	1,4	100,0	—	—	—	—
	ИТОГО	46205,6	52,9	4039,4	8,7	39867,8	86,4	479,8	1,0	1818,6	3,9

* — % от общей площади национального парка;

** — % от общей площади биотопов соответствующие критериям Habitats Directives

Таблица 2 — Распределение площадей биотопов, соответствующих критериям Habitats Directives, по участкам абсолютно заповедной зоны Национального парка «Нарочанский»

Код биотопа	Наименование типа биотопа	Абсолютно заповедная зона									
		всего		участок 1		участок 2		участок 3		участок 4	
		га	%*	га	%**	га	%**	га	%**	га	%**
	БИОТОПЫ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3140	Олиго-мезотрофные водоемы с жесткой водой и бентосными сообществами харофитов	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение таблицы 2

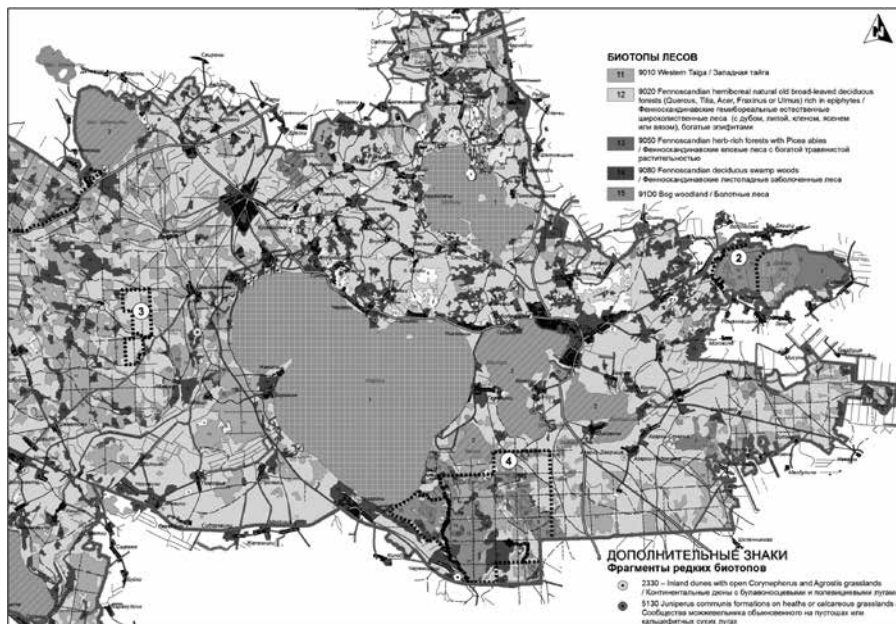
Код биотопа	Наименование типа биотопа	Абсолютно заповедная зона											
		всего		участок 1		участок 2		участок 3		участок 4			
		га	%*	га	%**	га	%**	га	%**	га	%**	га	%**
3150	Естественные эвтрофные озера с растительностью со- юзов MAGNOROTAMION или HYDROCHARITON	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3160	Естественные дистрофные водо- емы	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
БИОТОПЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ПОЛУ- ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛУГОВ		8,9	0,1	5,3	0,1	—	—	—	—	3,6	0,1	—	—
6210	Полуестественные сухие луга и древесно-кустарниковые редко- лесья на карбонатных почвах (FESTUCO- VROMETALLA)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6270	Многовидные сухие и умерен- но влажные луга низменностей Фенноскандии	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6510	Сенокосные луга низменностей (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6430	Гидрофильные высокотравные экотонные сообщества равнин и гор до Альпийского пояса	5,3	0,1	5,3	0,13	—	—	—	—	—	—	—	—
6450	Бореальные пойменные луга	3,6	<0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	3,6	0,1
БИОТОПЫ БОЛОТ		228,5	3,0	24,9	0,6	32,1	7,5	—	—	171,5	5,8	—	—
7110	Верховые болота	115,2	1,5	—	—	32,1	7,5	—	—	83,1	2,8	—	—

Код биотопа	Наименование типа биотопа	Абсолютно заповедная зона									
		всего		участок 1		участок 2		участок 3		участок 4	
		га	%	га	%**	га	%**	га	%**	га	%**
7120	Нарушенные верховые болота, способные к естественному восстановлению	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7140	Переходные болота и трясины	74,9	1,0	15,8	0,40	—	—	—	—	59,1	2,0
7230	Карбонатные низинные болота	38,4	0,5	9,1	0,23	—	—	—	—	29,3	1,0
БИОТОПЫ ЛЕСОВ		3802,0	49,7	2497,6	63,1	353,5	82,3	61,0	17,7	889,9	30,4
9010	Западная тайга	1906,3	24,9	1834	46,32	—	—	60,9	17,7	11,4	0,4
9020	Фенноскандинавские гемибореальные естественные широколиственные леса (с дубом, липой, кленом, ясенем или вязом), богатые эпифитами	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9050	Фенноскандинавские еловые леса с богатой травянистой растительностью	91,91	1,2	54,1	1,37	—	—	0,01	<0,1	37,8	1,3
9080	Фенноскандинавские листопадные заболоченные леса	450,34	5,9	352,9	8,91	23,6	5,5	0,04	<0,1	73,8	2,5
91D0	Болотные леса	1353,4	17,7	256,6	6,48	329,9	76,8	—	—	766,9	26,2
91T0	Сосновые липайниковые леса Центральной Европы	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ИТОГО		4039,4	52,8	2527,8	63,8	385,6	89,8	61,0	17,7	1065,0	36,3

* — % от общей площади национального парка;

** — % от общей площади абсолютно заповедной зоны;

*** — % от площади участка абсолютно заповедной зоны.



**Рисунок 4 – Фрагмент карты биотопов Habitats Directives
Национального парка «Нарочанский»
(условные обозначения см. рисунок 3)**

типичных і редких біотопів, типичних і редких природних ландшафтів = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Тэрыторы. Раслінны свет. Правілы вылучэння і аховы тыповых і рэдкіх біятопаў, тыповых і рэдкіх прыродных ландшафтаў: ТКП 17.12-06-2014 (02120). – Введ. 22.05.14. – Мінск: Мінпрыроды, 2014. – 106 с.

4. Bunce, R.G.H. The significance of habitats as indicators of biodiversity and their links to species / R.G.H. Bunce, M.M.B. Bogers, D. Evans [et al.]. – Ecol. Indic., V. 33, 2013, P. 19–25.
5. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Bern, 19.IX.1979 // European Treaty Series, № 104, 1979 – 10 p.
6. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora // Official Journal L, № 206, 1992. – P. 7–50.
7. EUNIS biodiversity database – find species, habitats and sites across Europe [Electronic resource] // European Environment Agency. – Mode of access: <http://eunis.eea.europa.eu/>. – Date of access: 10.11.2017.
8. Interpretation Manual of European Union Habitats EUR28 // European commission DG environment, – Nature ENV B.3, 2013. – 144 p.
9. Múcher, C. A. Historical land cover changes at Natura 2000 sites and their associated landscapes across Europe / C. A. Múcher, G. W. Hazeu, R. Swetnam, F. Gerard, S. Luque, J. Pino, L. Halada // Proceedings of the 28th Symposium of the European Association of Remote Sensing, 2009. – 226–231.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ НАЗЕМНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАСЕЙНА ОЗЕРА НАРОЧЬ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАЗНОВРЕМЕННЫХ ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ КАРТ

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

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси

Бассейн озера Нарочь находится в зоне пристального государственного внимания в связи с давним и активным развитием в регионе рекреационной инфраструктуры и постоянного роста численности отдыхающих. Последнее обстоятельство нередко сопровождается негативным воздействием на природно-растительные комплексы региона. Исходя из вышеизложенного, изучение современного состояния и динамики растительного покрова бассейна озера Нарочь приобретают особую актуальность. Результаты исследований могут быть использованы как для планирования, так и последующей оценки эффективности выполнения мероприятий по экологическому оздоровлению бассейна озера Нарочь.

Программа наших исследований включала выполнение работ по 3 направлениям.

1. Создание цифровой карты наземной растительности бассейна оз. Нарочь (по состоянию на 1980 г.)

Первый этап предусматривал обобщение архивных материалов по изучению растительности модельной территории и включал следующие работы:

- обработку архивных геоботанических описаний и создание фитоценотической базы данных;
- сканирование и трансформирование растровых изображений исходных картографических архивных материалов;
- географическую привязку и оцифровку сканированных растровых изображений исходных картографических архивных материалов;
- уточнение пространственного распределения типов растительных сообществ с использованием архива спутниковой съемки Landsat (<https://earthexplorer.usgs.gov/>);
- редактирование легенды (исправление неточностей, изменение видовых названий в соответствии с новой номенклатурой);
- составление итоговой цифровой геоботанической карты на платформе ArcGIS по состоянию на 1980 г. (М 1:25 000);
- расчеты площадей картируемых единиц растительности с использованием модуля XToolsPro, встроенного в пакет анализа ArcGIS;
- составление электронных ведомостей (*.xls), содержащих информацию о структуре растительности по состоянию на 1980 г. по следующим позициям: лесистость, распределение лесопокрывтой площади по



формациям, сериям и группам типов леса, площади типологических категорий болот, лугов, сельскохозяйственных земель.

2. Создание цифровой карты современной наземной растительности бассейна оз. Нарочь (по состоянию на 2016 г.)

Второй этап исследований предусматривал выполнение следующих работ:

- приведение легенды к единому формату и построение разновременных геоботанических карт;
- составление инвентаризационных ведомостей, содержащих информацию о современной структуре растительного покрова региона (лесистость, распределение лесопокрытой площади по формациям, сериям и группам типов леса, площади типологических категорий болот, лугов, сельскохозяйственных земель).

3. Анализ динамики наземной растительности за период 1980–2016 гг.

На заключительном этапе исследований путем сопоставления сводных инвентаризационных ведомостей определены основные направления динамики наземной растительности бассейна озера Нарочь за период 1980–2016 гг.

Лесная растительность. Лесистость бассейна оз. Нарочь составила в 2016 г. 35,2% и по сравнению с 1980 г. увеличилась на 4,4% (таблица). За анализируемый период лесопокрытая площадь увеличилась за счет (рисунок 1):

- хвойных лесов на 294,1 га (+0,7% от площади бассейна);
- широколиственно-хвойных на 145,9 га (+0,4%);
- широколиственных на 136,5 га (+0,4%);
- мелколиственных производных на 560 га (+1,7%);
- лиственных болотных на 521,8 га (+1,6%).

Вместе с тем структура лесов за ревизионный период претерпела значительные изменения, прежде всего за счет снижения доли участия коренных и длительно-производных, и, напротив, увеличения распространения антропогенно-производных и лиственных болотных лесов, в частности (рисунок 2):

- доля хвойных лесов сократилась с 77,1% (лесопокрытой площади) в 1980 г. до 71,1% в 2016 г., за счет уменьшения (–7,2%) сосновых лесов; участие ельников, напротив, несколько увеличивается (+1,2%), преимущественно за счет создания лесных культур;
- вторичные мелколиственные леса в лесопокрытой площади увеличиваются на 4,3%, в т.ч. производные березняки – на 2,9%, осинники – на 1,4%;
- процент участия лиственных болотных лесов в лесопокрытой площади увеличилась на 2,6% (с 14,0% до 16,6%), прежде всего за счет пушисто-березовых лесов (+3,5%); доля черноольшанников незначительно сократилась на 0,9% (с 12,4% до 11,5%).

Процессы антропогенной динамики лесной растительности региона идут преимущественно за счет:

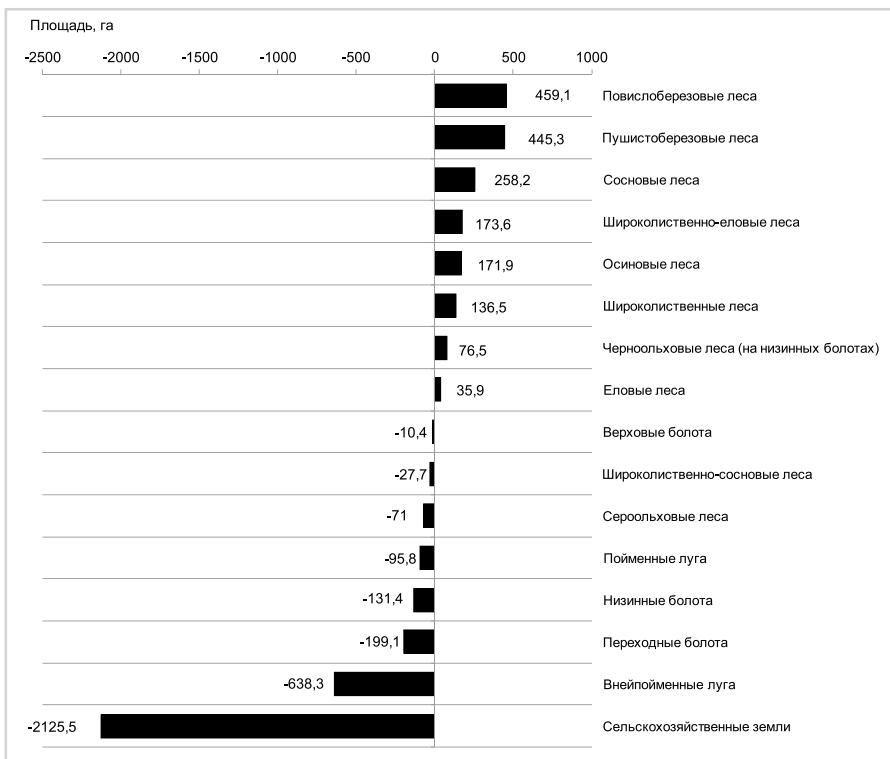


Рисунок 1 – Изменение покрова по основным типам растительных сообществ рекреационной зоны бассейна озера Нарочь в 1980–2016 гг.

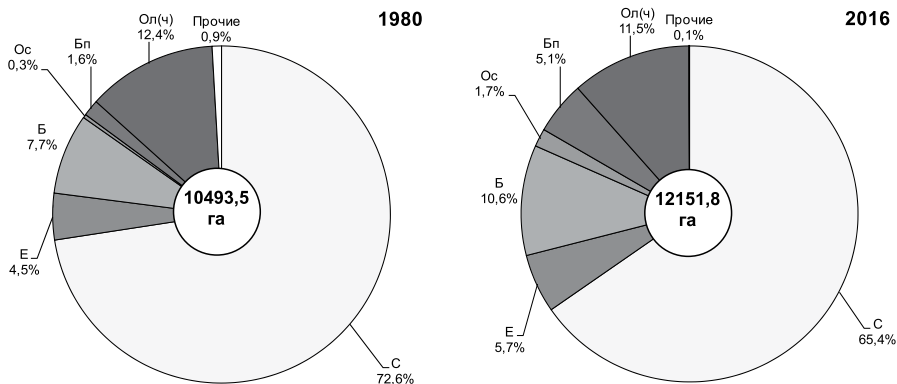


Рисунок 2 – Формационная структура лесного фонда рекреационной зоны бассейна озера Нарочь в 1980 и 2016 гг., % лесопокрываемой площади



- естественного и искусственного облесения территорий, ранее не бывших под лесом;
- зарастания древесно-кустарниковой растительностью земель, выведенных из активного хозяйственного оборота;
- зарастания открытых болот.

Болотная растительность. Площадь нелесных болот в регионе за анализируемый 36-летний период сократилась на 340,9 га или на 27,2% (см. таблицу, см. рисунок 1).

Наиболее стабильными являются растительные сообщества открытых верховых болот (площадь сократилась на 10,4 га). Площадь фитоценозов нелесных переходных болот уменьшилась на 199,1 или в 2,5 раза (с 330,3 га в 1980 г. до 131,2 га в 2016 г.), травяно-осоковых сообществ низинных болот – на 131,4 га (–17,8% по отношению к 1980 г.).

Основные причины динамики болотной растительности:

- зарастание открытых болот, сопряженное с сукцессионной сменой болотного типа растительности лесным типом;
- осушение с целью сельскохозяйственного освоения (низинные болота).

Луговая растительность. За последние 36 лет площадь луговой растительности бассейна оз. Нарочь сократилась на 734,1 га или в 1,5 раза: в 1980 г. она занимала 2090,2 га (6,1% площади водосбора), в 2016 г. – 1356,1 га (4,0%) (см. таблицу). Произошли значительные изменения и в структуре луговой растительности исследуемого региона.

Площадь пойменных лугов уменьшилась более чем вдвое – с 182,6 га до 86,8 га. В 1980 г. на долю пойменных лугов приходилось 8,7% от площади всех имеющихся луговых угодий, в настоящее время этот показатель равен 6,4% (см. таблицу, см. рисунок 1).

Площадь внепойменных лугов уменьшилась в 1,5 раза (с 1907,6 га в 1980 г. до 1269,3 га в 2016 г.). При этом доля низинных лугов сократилась почти в 3 раза (с 1181,7 га до 422,2 га), что связано с мелиорацией земель и трансформацией их в пашни и культурные сенокосы, особенно в восточной части водораздела (см. таблицу, см. рисунок 1).

Незначительное увеличение площадей суходолов (с 725,9 га до 847,1 га) связано с хозяйственной деятельностью человека (залужение бывших пахотных земель и демулационные процессы на залежах). Увеличилась доля эумезофитных лугов (с доминированием овсяницы луговой и мятлика лугового), а также возросли площади психромезофитных и ксеромезофитных фитоценозов. Широкое распространение получили купырьники (*Anthriscus sylvestris*), формирующиеся на месте бывших сельскохозяйственных угодий или в результате прекращения сенокоса на крупнозлаковых и разнотравных лугах. На суходольных, как и на низинных лугах, отмечается разрастание кустарниковой растительности.

Сельскохозяйственные земли. За ревизионный период площадь сельскохозяйственных земель сократилась на 2125,5 га (6,7% площади водосбора), что может свидетельствовать о снижении антропогенной нагрузки на территорию исследуемого региона (см. таблицу, см. рисунок 1).

Таблица – Структура и динамика растительности бассейна озера Нарочь

№ на кар- те	Единицы легенды (типологические категории)	Площадь по ревизионным периодам					
		1980		2016		±	
		га	%*	га	%*	га	%*
ЛЕСА		10493,5	30,8	12151,8	35,2	+1521,8	+4,4
<i>ХВОЙНЫЕ ЛЕСА</i>		7779,3	23,0	8073,4	23,7	+294,1	+0,7
<i>Сосновые и елово-сосновые леса</i>		7503,0	22,2	7761,2	22,8	+258,2	+0,6
1.	Сосновые вересково-зеленомошно-лишайниковые	1295,0	3,8	297,2	0,9	-997,8	-2,9
2.	Сосновые зеленомошные	4192,2	12,4	4588,0	13,5	+395,8	+1,1
3.	Сосновые и елово-сосновые черничные	1245,2	3,7	1806,5	5,3	+561,3	+1,6
4.	Сосновые и пушистоберезово-сосновые осоково-пушицево-сфагновые в сочетании с кустарничково-сфагново-долгомошными	663,9	2,0	486,6	1,4	-177,3	-0,6
5.	Сосновые пушицево-кустарничково-сфагновые	106,7	0,3	582,9	1,7	+476,2	+1,4
<i>Еловые леса</i>		276,3	0,8	312,2	0,9	+35,9	+0,1
6.	Еловые зеленомошные	95,2	0,3	58,1	0,2	-37,1	-0,1
7.	Еловые черничные, чернично-зеленомошные с участками чернично-сфагново-долгомошных	181,1	0,5	254,1	0,7	+73,0	+0,2
<i>ШИРОКОЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫЕ ЛЕСА</i>		305,5	0,9	451,4	1,3	+145,9	+0,4
<i>Елово-сосновые леса с липой, дубом</i>							
8.	Елово-сосновые кисличные	111,9	0,3	84,2	0,2	-27,7	-0,1
<i>Дубово-еловые леса</i>							
9.	Еловые с дубом кисличные в сочетании со снытевыми и папоротниковыми	193,6	0,6	367,2	1,1	+173,6	+0,5
<i>ШИРОКОЛИСТВЕННЫЕ ЛЕСА</i>		13,1	<0,1	149,6	0,4	+136,5	+0,4
<i>Дубовые леса</i>		4,0	<0,1	13,5	<0,1	+9,5	<0,1
10.	Дубравы орляково-черничные	3,0	<0,1	3,6	<0,1	+0,6	<0,1
11.	Дубравы кисличные	1,0	<0,1	9,9	<0,1	+8,9	<0,1
<i>Ясеновые леса</i>							
12.	Ясеновые и елово-черноольхово-ясеновые крапивно-папоротниковые в сочетании со снытевыми	8,1	<0,1	5,4	<0,1	-2,7	<0,1



№ на кар- те	Единицы легенды (типологические категории)	Площадь по ревизионным периодам					
		1980		2016		±	
		га	%*	га	%*	га	%*
	Черноольховые леса						
13.	Черноольховые, елово-ясенево-черноольховые крапивные в сочетании со снытевыми	1,0	<0,1	130,7	0,4	+129,7	0,4
	МЕЛКОЛИСТВЕННЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕСА	928,4	2,6	1488,4	4,3	+560,0	+1,7
	Повислоберезовые леса	812,4	2,3	1271,5	3,7	+459,1	+1,4
14.	Сосново-березовые с елью кустарничково-орляково-зеленомошные	11,0	0,0	81,1	0,2	+70,1	+0,2
15.	Березовые злаково-орляковые	105,0	0,3	298,9	0,9	+193,9	+0,6
16.	Елово-березовые черничные в понижениях в сочетании с войниково-кустарничково-сфагново-долгомошными	149,0	0,4	300,6	0,9	+151,6	+0,5
17.	Елово-березовые кисличные	102,4	0,3	211,6	0,6	+109,2	+0,3
18.	Осиново-березовые и черноольхово-березовые папоротниковые	445,0	1,3	379,3	1,1	-65,7	-0,2
	Осиновые леса	35,7	0,1	207,6	0,6	+171,9	+0,5
19.	Осиновые кисличные	19,8	0,1	81,4	0,2	+61,6	+0,1
20.	Березово-осиновые орляково-черничные с участками войниково-сфагново-долгомошных	9,9	0,0	91,1	0,3	+81,2	+0,3
21.	Березово-осиновые папоротниковые сложные с неморальными травами	6,0	0,0	35,1	0,1	+29,1	+0,1
	Сероольховые леса	80,3	0,2	9,3	<0,1	-71,0	-0,2
22.	Сероольховые с березой кисличные в сочетании с черничными	11,0	0,0	4,8	<0,1	-6,2	<0,1
23.	Сероольховые с осинкой папоротниково-снытевые	69,3	0,2	4,5	<0,1	-64,8	-0,2
	ЛИСТВЕННЫЕ БОЛОТНЫЕ ЛЕСА	1467,2	4,3	1989,0	5,9	+521,8	+1,6
	Пушистоберезовые леса	164,9	0,5	610,2	1,8	+445,3	+1,3

Продолжение таблицы

№ на кар- те	Единицы легенды (типологические категории)	Площадь по ревизионным периодам					
		1980		2016		±	
		га	%*	га	%*	га	%*
24.	Пушистоберезовые и черنوольхово-пушистоберезовые гидрофитнотравяно-осоковые в сочетании с осоково-травяно-сфагновыми	164,9	0,5	610,2	1,8	+445,3	+1,3
	Черноольховые леса	1302,3	3,8	1378,8	4,1	+76,5	+0,3
25.	Черноольховые, елово-ясенево-черноольховые влажновысокотравные в сочетании с болотнопапортниковыми	184,7	0,5	644,4	1,9	+459,7	+1,4
26.	Черноольховые и пушистоберезово-черноольховые гидрофитнотравяно-осоковые	1117,6	3,3	734,4	2,2	-383,2	-1,1
	БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	1250,8	3,7	909,9	2,7	-340,9	-1,0
	ВЕРХОВЫЕ (ОЛИГОТРОФНЫЕ) БОЛОТА						
27.	Кустарничково-сфагновые с редкой <i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> [h=2–3 м, сомкнутость <0,2]	184,2	0,5	173,8	0,5	-10,4	<0,1
	ПЕРЕХОДНЫЕ (МЕЗООЛИГОТРОФНЫЕ И МЕЗОТРОФНЫЕ) БОЛОТА						
28.	Осоково-пушицево-травяно-сфагновые с разреженным ярусом сосны и березы	330,3	1,0	131,2	0,4	-199,1	-0,6
	НИЗИННЫЕ (ЭВТРОФНЫЕ) БОЛОТА						
29.	Травяно-осоково-гипновые	736,3	2,2	604,9	1,8	-131,4	-0,4
	ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	2090,2	6,1	1356,1	4,0	-734,1	-2,1
	ЛУГА ПОЙМЕННЫЕ (ЗАЛИВНЫЕ)	182,6	0,5	86,8	0,3	-95,8	-0,2
	ЛУГА ВНЕПОЙМЕННЫЕ (МАТЕРИКОВЫЕ)	1907,6	5,6	1269,3	3,7	-638,3	-1,9
	СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЗЕМЛИ	7055,5	20,7	4930,0	14,5	-2125,5	-6,7

*от общей площади бассейна озера Нарочь.



ЦИФРОВАЯ КАРТА ДЛЯ РАБОТНИКОВ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ COLLECTOR FOR ARCGIS

Новиков А. А.¹, Сипач В. А.²

¹Государственное природоохранное учреждение

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

²Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие

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

Лес является одним из ключевых элементов природной среды Национального парка «Нарочанский». Управление и рациональное использование его ресурсов — одна из приоритетных задач.

Лесоохранная и лесохозяйственная деятельность невозможна без применения картографических материалов. Особенно это важно при проведении мониторинга лесных насаждений, обходов и других работ. Применение бумажных карт на сегодня уже является неперспективным, так как иногда требуется несколько картографических материалов и в полевых условиях не представляется возможным их качественно объединить и получить дополнительную информацию об исследуемом объекте. На помощь специалистам лесных подразделений парка приходят информационные технологии. Применение мобильных устройств с поддержкой геоинформационных технологий позволяет не только повысить качество работ в лесу, но и становится постепенно незаменимым условием для "лесника".

Создание цифровых карт для мобильных устройств до недавнего времени было довольно сложным процессом. Однако с переходом научного отдела национального парка на геоинформационную платформу ArcGIS данный процесс значительно упростился, так как позволяет объединить создание и применение карт на всех уровнях (серверный, настольный и мобильный) и обеспечивает работу в едином информационном пространстве.

Collector for ArcGIS — это мобильное приложение, предназначенное для работы с картографическими данными на смартфоне или планшете — как с подключением, так и без подключения к Интернет-сети.

Основные функции Collector for ArcGIS:

- ввод и редактирование точечных, линейных и полигональных объектов на основании координат GPS или по щелчку на карте;
- поддержка вложений — возможность прикрепить фото или видео к пространственному объекту;
- загрузка карт и данных на устройство для работы в режиме без подключения к сети, выполнение синхронизации при наличии подключения;
- построение маршрутов и путевых листов;
- отслеживание местоположений работников, занятых сбором данных [1].

Данное приложение поддерживается на устройствах с Android, iOS и Windows.

Минимальные требования для Android-устройств:

- Android 4.2 (Jelly Bean) или выше;
- Процессор ARMv7 или x86;
- Поддержка OpenGL ES 2.0;
- Поддержка точного местоположения (наличие GPS или A-GPS модуля).

Минимальные требования для iOS-устройств:

- iOS 8 или более новой версии;
- iPhone, iPad, iPod touch.

Минимальные требования для Windows-устройств:

- Windows 10 версия 1511 или более поздняя;
- Long-Term Servicing Branch (LTSB) версия 1607 или выше [2].

Для создания карты для Collector for ArcGIS и ее использования на мобильном устройстве требуется следующее программное обеспечение:

- ArcGIS Desktop (уровень лицензии Basic или выше);
- учетная запись организации ArcGIS (для ArcGIS Online или ArcGIS Enterprise необходим 2-й уровень участия) либо лицензия Portal for ArcGIS (версия 10.3.1 и выше);
- Collector for ArcGIS на мобильном устройстве.

Процесс создания карты можно разделить на 2 этапа:

- создание пакета листов карты (.tpk) (карты подложки);
- создание веб-карты с помощью Portal for ArcGIS или учетной записи организации ArcGIS [2].

Пакет листов карты (.tpk) необходим для работы с картой на мобильном устройстве в офф-лайн режиме. Перед началом его создания необходимо определиться с задачами, которые позволит решать карта-подложка. В нашем случае (государственное природоохранное учреждение) она должна служить подробным ориентиром на местности, включая ориентацию в лесных массивах по квартально-выделенной сети.

Определившись с задачами, можно переходить к наполнению географическими данными пакет листов карты (рис. 1).

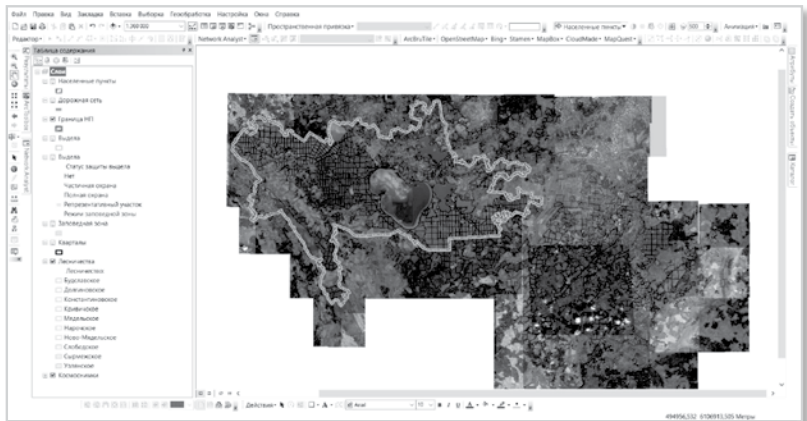


Рис. 1 – Наполнение слоями пакета карты



Нами были использованы следующие слои геоданных (в пределах границ национального парка и экспериментального лесохозяйственного хозяйства):

- населенные пункты;
- дорожная сеть;
- граница национального парка;
- квартальная сеть;
- сеть выделов;
- границы заповедной зоны;
- границы лесничеств;
- охраняемые виды растений и животных;
- в качестве растровой основы послужили материалы космической съемки.

Для этих слоев была настроена прозрачность, а также уровни видимости.

После настройки всех слоев карты можем переходить к публикации ее пакета листов.

Для этого необходимо сохранить документ карты (проект), а затем перейти в ArcToolbox → Управление данными → Упаковка → Создать пакет листов карты (рис. 2).

В появившемся диалоговом окне указываем местонахождение сохраненного документа карты (проекта), выходное местоположение (куда сохранится созданный пакет), а также заполняем метаданные (теги и краткую информацию). Особое внимание следует уделить уровню прорисовки карты — чем больше уровней, тем более четкая карта получится, но в тоже время она будет иметь больший размер файла! Необходимо выбирать «золотую середину» между уровнями прорисовки и размером файла (.tpk) карты, так как не всегда есть возможность загружать на мобильные устройства 5-10 гигабайтные файлы. Процесс создания пакета листов карты может варьировать от нескольких минут до нескольких часов, в зависимости от уровня прорисовки, а также от аппаратной вычислительно мощности ПЭВМ.

После создания пакета листов карты его можно загрузить на мобильное устройство с установленным Collector for ArcGIS. Пакет листов следует копировать в директорию установки Collector (.../ArcGIS_Collector/). Collector for ArcGIS можно загрузить из AppStore, Google Play или Windows Store, в зависимости от операционной системы устройства.

Дальнейший этап — создание веб-карты с помощью Portal for ArcGIS или учетной записи организации ArcGIS.

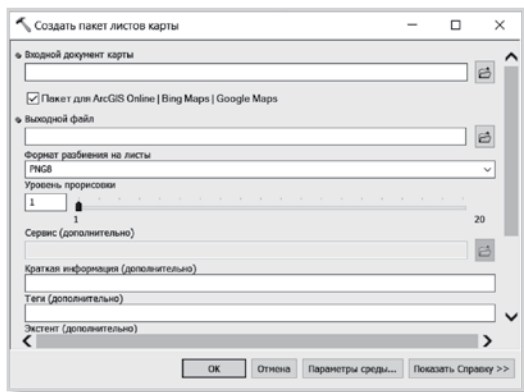


Рис. 2 — Диалоговое окно создания пакета листов карты

В ArcGIS Desktop формируем слой (набор слоев), куда будет заноситься полевая информация (подробнее о формировании и подготовке данных можно ознакомиться на интернет-странице официальной справки <http://doc.arcgis.com/ru/collector/>). После подготовки слоя (слоев) публикуем его (их) как сервис на ArcGIS Online (подписка для организаций), либо на хост-сервере Portal for ArcGIS (рис. 3).

При публикации сервиса в разделе «Редактор сервисов» обязательно необходимо подключить возможность Feature Access (без нее карта не будет отображаться в Collector for ArcGIS).

После публикации создаем веб-карту на основе нашего сервиса и, если необходимо, настраиваем общий доступ (рис. 4)

Даже если придется использовать Collector for ArcGIS только для отображения карты подложки, необходимо опубликовать слой с Feature Access (даже пустой). Это нужно для отображения карты в данном приложении.

Теперь, когда все готово, можно переходить в Collector for ArcGIS для просмотра опубликованной карты.

Если нет ни одной доступной карты, проверьте уровень доступа к веб-карте или наличие в ней слоя с Feature Access.

Для отображения созданного пакета листов карты на подложке необходимо переи-

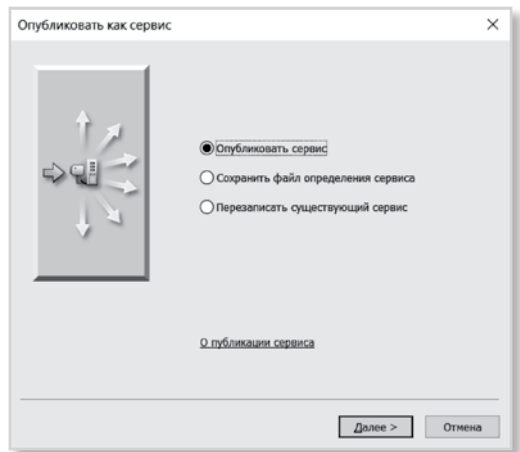


Рис. 3 Публикация сервиса

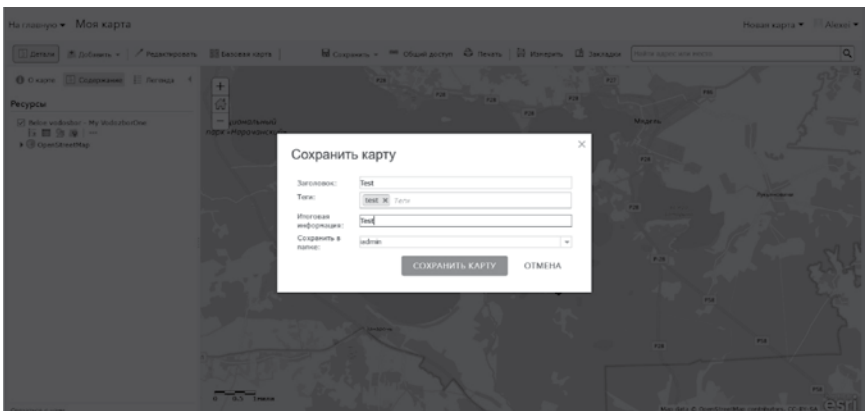


Рис. 4 Создание веб-карты в Portal for ArcGIS



ти в Базовая карта → вкладка На устройстве. Здесь будет находиться требуемая карта-подложка (рис. 5).

После выбора базовой карты (подложки) можно переходить в саму карту для работы с ней (рис. 6).

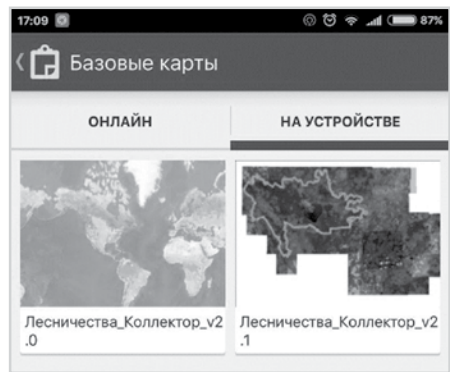


Рис. 5 – Выбор базовых карт (подложка) в Collector for ArcGIS



Рис. 7 – Работа с картой в Collector for ArcGIS

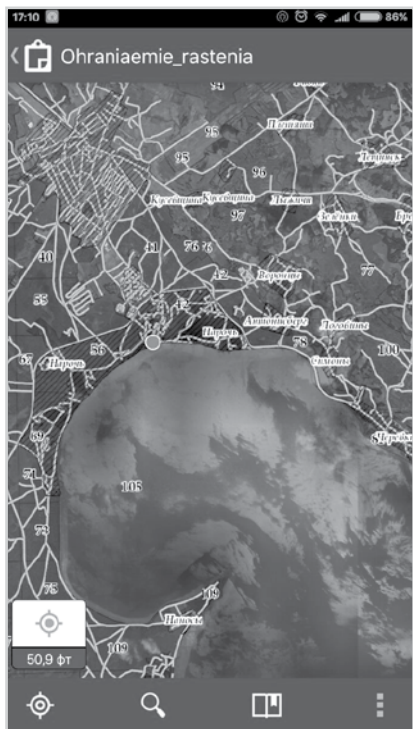


Рис. 6 – Отображение карты в Collector for ArcGIS

Преимуществом данной карты является не только возможность подключать/отключать слои, но и получать информацию об объектах, размещенных на карте (рис. 7). К тому же при использовании встроенного, в мобильное устройство, GPS можно точно позиционировать себя на карте, что облегчает соотнесение информации на карте с окружающей обстановкой.

Литература

1. Collector for Arcgis/ Сайт Esri CIS [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: https://www.esri-cis.ru/products/collector_for_arcgis/ – Дата доступа: 12.12.2017.
2. Collector for ArcGIS/ Сайт документации Esri [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://doc.arcgis.com/ru/collector/overview/requirements.htm> – Дата доступа: 12.12.2017.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «КУЛИКОВО ПОЛЕ»

Розова И. В.¹, Волкова Е. М.²

¹Государственный музей-заповедник «Куликово поле», Россия

²Тульский государственный университет, Россия

Куликово поле является одним из самых известных ратных мест России. Для сохранения исторического, культурного и природного наследия, связанного со сражением 1380 года, был создан Государственный военно-исторический и природный музей-заповедник «Куликово поле». Подобное решение поставило ряд задач по осмыслению историко-культурного значения данной территории, что способствовало разработке многоплановых научных исследований. Наиболее важными являются биолого-географические и историко-археологические направления. К настоящему времени накоплен большой фактический материал в виде находок, карт современного и палеоландшафта, данных по флоре и растительности, расположению ценных археологических и природных объектов, др.

Проводимые многолетние полевые работы и экспедиции, мониторинг состояния территории определили необходимость структурирования, систематизации, хранения и визуализации накопленной информации о природных и историко-культурных объектах для выявления возможных взаимосвязей путем создания геоинформационной системы музея-заповедника и тематических баз данных.

Создание геоинформационной системы в музее-заповеднике «Куликово поле» ведется на основе программного обеспечения фирмы ESRI: ArcGIS 10.3 for Desktop Advanced с модулями Spatial Analyst и 3D Analyst. Данное программное обеспечение позволяет применять в работе данные дистанционного зондирования Земли, использовать методы пространственного анализа, визуализировать имеющуюся информацию.

Работа по созданию геоинформационной системы состоит из нескольких этапов. На первом этапе была проведена оцифровка горизонталей с топографических карт, присвоение каждой горизонтали атрибутивной информации (высоты, типа и т. д.), сопоставление (векторная трансформация) этого слоя с имеющимся космическим снимком 2009 года. С картографических материалов была использована только топооснова, поскольку остальная информация (например, границы населенных пунктов, грунтовые дороги, лесополосы, местами – русла рек и т. п.) уже не актуальна.

Вторым этапом было создание карты видов хозяйственного использования путем деления территории на полигоны со своим функциональным назначением и необходимой детализацией (например, реки, пруды, пашни, залежи, леса, лесополосы и др.). Полигоны при этом представляют собой неделимые функциональные единицы со своей атрибутикой. Это дает возможность получения информации о правовых режимах использования участков различного назначения, создания условий для устойчивого развития территории, сохранения окружающей среды и объектов культурного наследия и ведения традиционного земледелия.



На следующем этапе проводилась систематизация имеющейся информации и разработка структуры базы данных, составление справочных таблиц (например, систематика растений; таблица точек описаний с координатами, описанием местоположения, проективным покрытием, принадлежностью к ярусам, др.). Все таблицы базы данных связаны между собой. Удобство такой системы хранения данных состоит в том, что она исключает случайные ошибки и позволяет при исправлении первоисточника (главной таблицы) произвести изменения в связанных таблицах автоматически.

С помощью ГИС происходит визуализация запросов или составление на их основе тематических слоев (памятников природы и археологии, точек археологических находок и геоботанических описаний, туристических маршрутов и экологических троп и т. п.), а также сопоставление пространственных объектов и записей из базы данных, вывод результатов пространственного анализа на экран и подготовка тематических карт (иллюстраций).

На настоящий момент ГИС "Куликово поле" состоит из следующих тематических блоков: растительный покров, фауна и животное население, почвенный покров, экологический мониторинг, ООПТ и ценные природные территории, памятники археологии и археологические находки. К данному моменту наиболее разработанной является раздел по растительному покрову. Для работы в этом направлении мы используем Microsoft Access 2010, что позволило не только создать, но и постоянно пополнять базу данных геоботанических описаний (авторы - Волкова Е. М., Головина Е. О., Аверинова Е. А., Семенищенков Ю. А.). Формирование запросов из базы данных и их визуализация в ГИС позволяет получить и отобразить на карте информацию по распространению редких видов растений, видов с определенным проективным покрытием, выявлять зависимости распространения вида в рельефе от его морфологических параметров и т. п.

Имеющиеся сведения по строению и свойствам почвенных профилей, являющиеся основой для создания почвенной карты, послужат материалом для блока «Почвенный покров».

Раздел ООПТ и ценные природные территории содержит информацию о локализации, видовых списках и нормативных документах всех памятников природы, расположенных на Куликовом поле. Для каждой ООПТ имеется необходимая атрибутивная информация, включая паспорта. Для выявления динамики показателей, характеризующих экологическое состояние территории, проводятся мониторинговые исследования состояния водных объектов, почв покрова, жизненности растений. Для работы с этой информацией создан блок экологического мониторинга.

Дальнейшее развитие геоинформационной системы музея-заповедника позволит сформировать единое пространство биологических и историко-археологических исследований, смоделировать полную картину взаимодействия во времени и пространстве природных и антропогенных факторов, повысить качество картографических материалов. Полученные результаты найдут и уже находят практическое применение в разработке природоохранных мероприятий, рекомендаций по восстановлению и охране отдельных компонентов природно-исторического ландшафта, прогнозах современных природных процессов, которые активно влияют на окружающую среду.

МЕТОДИКА ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Рыжков О. В., Рыжкова Г. А., Рыжков Д. О.

Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. проф. В. В. Алехина, Россия, Курская область

Актуальность исследований

Проблема взаимоотношения леса и степи чрезвычайно актуальна для Центрально-Черноземного заповедника (ЦЧЗ). На его территории имеются уникальные участки, характеризующие спонтанное развитие растительного покрова без вмешательства человека. Такие эксперименты были заложены как в целинных луговых степях, начиная с момента организации заповедника, так и на залежах, присоединенных к нему позже. Длительность существования некосимых участков степи или участков с режимом абсолютной охраны в ЦЧЗ составляет от 30 до 80 лет, что позволяет проследить последовательные сукцессионные стадии формирования их растительности. Наиболее интересной с научной и практической точек зрения является оценка характера и темпов распространения древесно-кустарниковой растительности на территориях, занятых целинными луговыми степями.

Цели

1. Выявить процентное соотношение проективных покрытий травяной и древесно-кустарниковой растительности в целинных луговых степях Центрально-Черноземного заповедника, длительное время содержащихся в абсолютно заповедном режиме.
2. Проанализировать характер и темпы распространения деревьев и кустарников на некосимых участках целинных луговых степей.
3. Установить видовой состав деревьев и кустарников на некосимом участке степи; проанализировать его аборигенную и адвентивную фракции.

Задачи

Организация и проведение сплошного наземного ГИС-картографирования популяций древесно-кустарниковых видов Второго некосимого участка Стрелецкой степи на основе аэрофотосъемки и виртуальных пикетажных сетей.

Составление карт распространения по обследованной территории одиночных экземпляров деревьев и кустарников и размещения из биогрупп (зарослей) со сбором атрибутивной информации.

Апробация современного ГНСС-оборудования и БПЛА для полевой съемки.

Объект

В 2016 г. на территории ЦЧЗ выполнены детальные картографические исследования по изучению распространения деревьев и кустарников на Втором некосимом участке Стрелецкой степи — самом крупном и репре-



зентативном на Стрелецком участке (площадь – 101.6 га). Данный объект находится в абсолютно заповедном режиме с 1935 г. В предшествующие годы сплошного наземного картографирования этой территории не проводилось. (фото 1).

Оборудование и программное обеспечение

В работе задействованы высокоточное ГНСС-оборудование ГИС-класса (двухчастотный спутниковый приёмник Trimble GeoExplorer 6000 GeoXH SE) (фото 2) и два беспилотных летательных аппарата (БПЛА) – DJI Inspire-1 Pro лаборатории картографии Института географии РАН и DJI Inspire-1 Центрально-Черноземного заповедника. (фото 3-4). Картирование осуществлялось в режиме реального времени (RTK) с непрерывным приёмом поправок через 3G-модем от системы высокоточного позиционирования Курской области (плановая точность фиксации координат объектов при открытом небосводе составляла 2-3 см). При помощи квадрокоптера получены детальные фотоснимки высокого разрешения, которые использовались для построения ортофотопланов местности и уточнения проблемных контуров в труднодоступных участках зарослей степных кустарников, как правило, тёрна колючего, слив терновой и домашней. Указанные современные технические средства в научно-исследовательской деятельности ЦЧЗ использованы впервые.

Обработка, анализ и визуализация информации выполнялись в среде ГИС MapInfo Professional v.15.2.4 64bit, конвертирование растров – в Global Mapper v.16.0, управление данными – в Trimble GPS Pathfinder Office v.5.81. Мобильные приложения: TerraSync Centimeter Edition v.5.41 на базе Windows Mobile v.6.5.

Методика картографических исследований.

1. Формирование в среде ГИС MapInfo Professional v.15.2.4 64bit (инструмент *Нарисовать сетку*) двухслойной виртуальной пикетажной сети



Фото 1 – Второй некосимый участок Стрелецкой степи

с размером квадратов 100×100 м (1 га) (фото 5), которые дополнительно разбиты на более мелкие квадраты 10×10 м (1 ар) (фото 6) с целью минимизации пропусков молодых особей при выполнении картирования. Основная и дополнительная пикетажные сети с уникальной нумерацией квадратов загружены в формате SHP в прибор для последующего выноса в натуру.

2. Подготовка и загрузка в прибор фоновых растровых карт в формате GeoTIFF (космические снимки, схемы лесоустройства и пр.). Система координат — Широта/Долгота.



Фото 3 — Квадрокоптеры DJI Inspire 1 Pro и DJI Inspire 1 в полете над Стрелецкой степью



Фото 5 — Основная виртуальная сеть с размером ячейки 100×100 м (1 га)



Фото 2 — Внешний вид полевого контроллера Trimble GeoExplorer 6000 GeoXH CE, использованного при картировании древесно-кустарниковой растительности



Фото 4 — БПЛА DJI Inspire-1 Pro, использованный для аэрофотосъемки участка



Фото 6 — Фрагмент дополнительной виртуальной сети с размером ячейки 10×10 м (1 ар)



Датум – WGS84. Обязательно наличие файла привязки в формате TFW. Этим требованиям соответствует модуль экспорта растров программы Global Mapper v.13.0 и выше.

Растровые и векторные изображения загружались в приёмник GeoExplorer 6000 GeoXH через модуль *Перенос данных* программы GPS PathFinder Office v.5.81 (фото 7). Компанией TRIMBLE разработана также автономная программа Data Transfer для выполнения аналогичных операций.

3. Разработка структуры мобильной ГИС

- создание словаря или формы сбора полевых данных в среде программного обеспечения Trimble GPS PathFinder Office v.5.81 с определенным перечнем полей;
- загрузка словаря в мобильное приложение TerraSync Centimeter Edition v.5.41;
- отладка операции экспорта данных из мобильной в настольную ГИС MapInfo Professional v.15.2.4 64bit без потери точности.

Последний пункт требует пояснения. Дело в том, что прибор GeoExplorer 6000 GeoXH CE записывает координаты объектов в десятичных градусах с высокой точностью (9 знаков после запятой), а десктопная ГИС MapInfo Professional v.15.2.4 64bit по умолчанию округляет координаты до 6-ти знаков после запятой, что может привести к смещению позиций на карте, по сравнению с реальными. Поэтому перед импортом данных с приёмника необходимо в ГИС установить правильный охват карты при помощи инструмента *Границы карты*. В нашем случае следует указать описывающим прямоугольником границы некосимого участка, что позволяет добиться точности в 8 знаков после запятой.

Ниже приводится количественная оценка точности координат с 8 знаками после запятой (расчёт предоставлен Д. Барышниковым из компании NextGIS, которому выражаем благодарность за консультации):

Для WGS84 радиус Земли принят $R = 6378137$ м, длина экватора равна $L = 2 \times \pi \times R = 40075016,6855785$ м

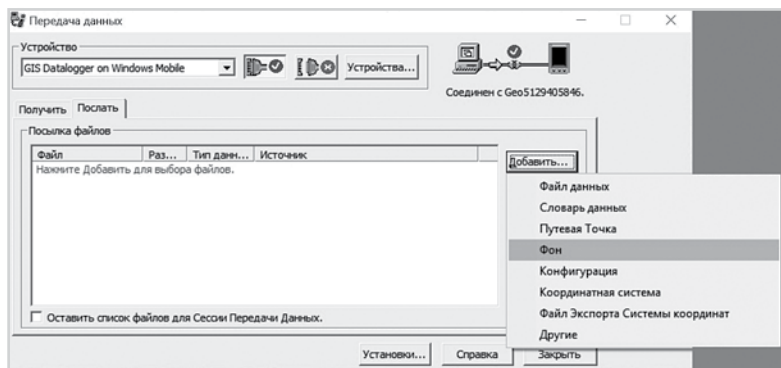


Фото 7 – Модуль передачи данных программы GPS PathFinder Office между ПК и ГНСС-прибором Trimble GeoExplorer 6000 GeoXH CE

Один градус на экваторе равен $1 \text{ degree} = L / 360 = 111319,490793274 \text{ м}$
 8 знаков после запятой (0,00000001) = $1 \text{ degree} \times 0,00000001 = 0,111319490793274 \text{ см}$.

Таким образом даже на экваторе 8 знаков даёт миллиметровую точность.

Чем севернее, тем размер одного градуса будет меньше. Например, на широте 51 градус, на которой проводилась съёмка, $1 \text{ degree} = 70197,7 \text{ м}$. И, соответственно, (0,00000001) = $1 \text{ degree} \times 0,00000001 = 0,0701977 \text{ см}$. Для данных с точностью координат 6 знаков после запятой ошибка за счёт округления составит уже порядка 7 см. Так как прибор GeoExplorer 6000 GeoXH SE позволяет фиксировать координаты с точностью 2–3 см, то ошибка в 7 см приведёт к искажению реального местоположения. Поэтому корректировка охвата карты в MapInfo необходима.

В словаре созданы два типа объектов: точечный *Основание ствола* и полигональный *Проекция кроны*, по которым одновременно собиралась аналогичная атрибутивная информация (фото 8).

3. Составление видовых списков растений, которые потенциально могут произрастать на участке, на их основе подготовлено поле с выпадающим перечнем для выбора вида, что исключало ошибки при наборе данных в поле (фото 8).

4. Подготовка и тестирование оборудования в полевых условиях.

5. Выполнение рекогносцировочного обследования территории, уточнение границы объекта на местности на основе сопоставления планов лесоустройства 2000 г. со сверхдетальными космическими снимками.

6. Обследование многовидовых зарослей, требующих проведения крупномасштабной аэрофотосъёмки, осуществление пробной полевой съёмки

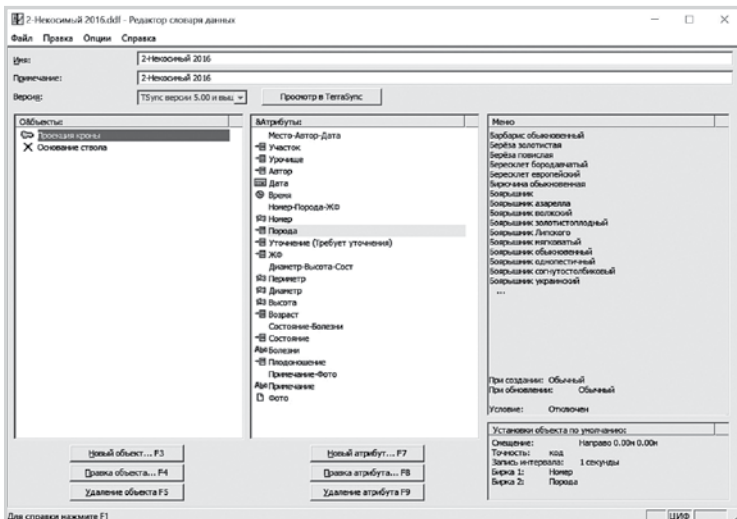


Фото 8 – Форма ввода данных, разработанная в ПО Trimble GPS PathFinder Office 5.81



древесно-кустарниковой растительности, контуров лесной растительности урочища Бабка и покрытых лесом участков, примыкающих с юга к Петрину логу, на территории картируемого объекта.

7. Выполнение сплошного наземного картографирования древесно-кустарниковой растительности Второго некосимого участка Стрелецкой степи со сбором атрибутивной информации на площади 101.6 га (фото 9):

- полевые работы включали в себя картирование древесной растительности со сплошным перечётом учитываемых особей деревьев и кустарников (учёту подлежали все экземпляры, начиная с имматурного возрастного состояния, также фиксировались ювенильные растения, которые удалось обнаружить). Для одиночных деревьев и кустарников с помощью прибора Trimble GeoExplorer 6000 GeoXH определялись географические координаты и высота над уровнем моря оснований стволов с целью последовательного формирования массива путевых точек, пригодных для построения точечных тематических карт в ГИС. Обособленные контуры (заросли) растительности картировались путём обхода с указанным прибором по их периметру. При этом в память полевого контроллера через каждую секунду заносились узлы полигона. Приёмник был настроен на запись только качественных объектов, плановая ошибка определения координат которых не превышает установленную величину (в большинстве случаев, она, как правило, составляла 2–3 см – при открытом небосводе и 50–100 см – под кронами деревьев и в плотных зарослях кустарников).
- одновременно с картографированием осуществлялся подробный сбор атрибутивной информации по каждому объекту. При сплошном подеревном перечёте в полевых условиях в специальную форму заносились следующие сведения: участок, урочище, автор(ы), дата, время, номер полигона или точки, порода, происхождение, периметр или диаметр ствола на высоте груди (см), высота ствола (м), возраст, состояние, болезни, жизненная форма, плодоношение, примечание для ввода дополнительных сведений и фото (фотографировались только выборочные объекты).



Фото 9 – Картирование кустарников

8. Проведение аэрофотосъёмки большей части территории участка при помощи квадрокоптера DJI Inspire-1 Pro, а также отдельных локальных зарослей кустарников квадрокоптером DJI Inspire-1 для уточнения проективных покрытий в ГИС. Для получения изображений с хорошо различимыми контурами растительности съёмка всей территории участка осуществлялась с высоты 150 м

БПЛА DJI Inspire-1 в разные сезоны года: весной (3, 7-8 мая), когда наблюдалось цветение основных видов, главным образом, кустарников, летом (22 июля) — в период максимального облиствения крон и осенью (1 октября), когда происходила расцветка листьев (фото 10–11).

9. Полученные с квадрокоптеров фотоснимки были соединены в единые изображения, построены ортофотопланы западной части некосимого участка в летний период и всего участка — в осенний период (фото 12–13). Для бесшовного соединения фотоснимков и создания ортофотопланов рекомендуется использовать специализированное программное обеспечение для фотограмметрической обработки, например, Agisoft PhotoScan, которое позволяет получить на выходе геопривязанный растр, причём этот процесс полностью автоматизирован. Сходного результата можно добиться при помощи Adobe Photoshop, но процедура гораздо более трудоёмкая, потребуются также ручная регистрация в ГИС выходного растра.

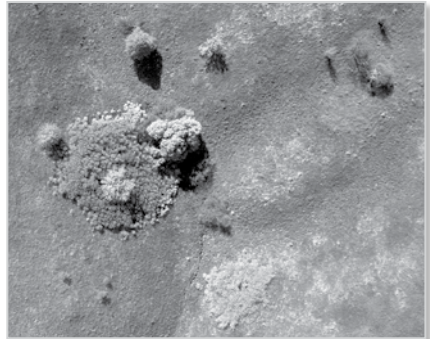


Фото 10 — Пример изображения, полученного при фотосъёмке квадрокоптером с высоты 100 м, 7 мая 2016 г.

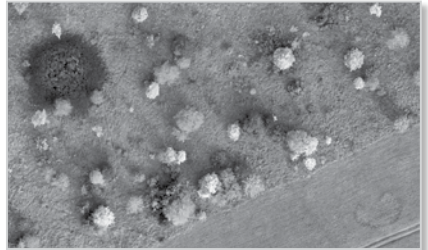


Фото 11 — Крупномасштабный фрагмент осеннего фотоснимка, съёмка с высоты 150 м, 1 октября 2016 г.

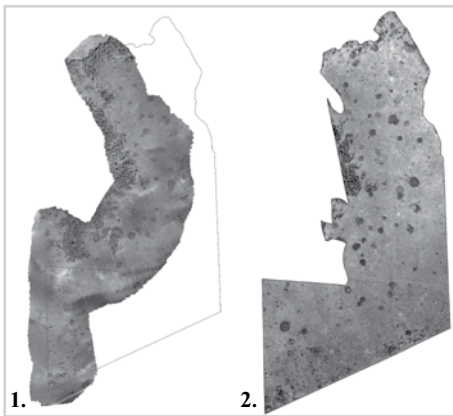


Фото 12 — Ортофотопланы территории Второго некосимого участка Стрелцкой степи: слева — западная часть, справа — весь некосимый участок

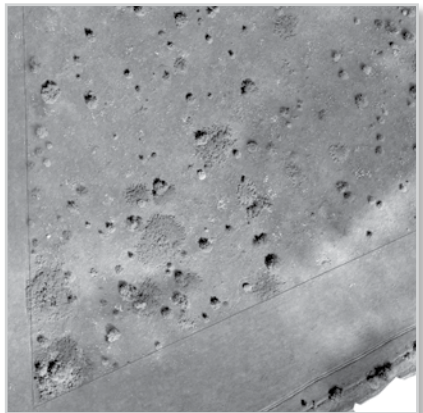


Фото 13 — Фрагмент ортофотоплана западной части картируемой территории, 22.07.2016 г.



10. Выполнение регистрации некоторых фотоснимков в ГИС MapInfo Professional v.15.2.4, включающих изображения крон деревьев и кустарников в трудно доступных местах (непроходимых колючих зарослях), которые оцифровывались по экрану вручную (фото 14).

11. Создание в ГИС Mapinfo точечного слоя распространения одиночных деревьев и кустарников и полигонального слоя проективных покрытий древесно-кустарниковой растительности Второго некосимого участка Стрелецкой степи (фото 15–16).

Детальные космические снимки использовались для визуальной оценки многолетней динамики объектов (фото 17–18).

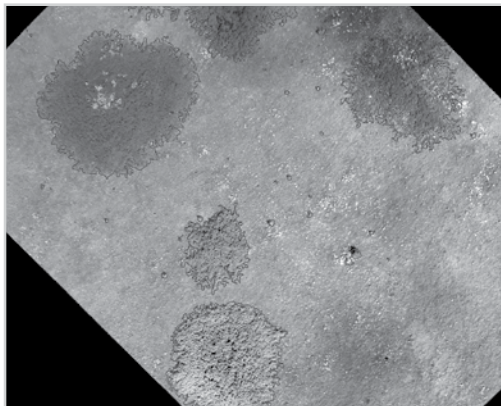


Фото 14 – Аэрофотоснимки, зарегистрированные в ГИС, использованы для корректировки границ проблемных полигонов



Фото 15 – Схемы распространения одиночных деревьев и кустарников (1) и проективных покрытий древесно-кустарниковой растительности (2) Второго некосимого участка Стрелецкой степи, 2016 г.

12. Составление тематических карт древесно-кустарниковой растительности Второго некосимого участка Стрелецкой степи в разных масштабах (1 : 5000, 1 : 400 на 134 листах) (фото 19–20).

13. Осуществление сбора гербария для корректировки видового состава трудно определяемых в поле растений из семейства Розоцветных. Обнаружены новые местопроизрастания редких древесных растений, включая 2 вида шиповников из Красной книги Курской области (Ш. Юндзилла — *Rosa jundzillii* и Ш. красно-бурый — *R. rubiginosa*), 1 вид (Ш. придорожный — *Rosa viarum*) приводится впервые для ЦЧЗ и Курской области. Здесь же отмечены 2 вида редких в регионе боярышников (Б. азарелла — *Crataegus azarella* и Б. Липского — *C. lipskyi*), относительно происхождения которых нет однозначного мнения. На некосимом участке известно единственное в ЦЧЗ местообитание явно заносного боярышника золотистоплодного (*Crataegus chrysocarpa*), также впервые в степи обнаружена одичавшей яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetzkiiana*).

На обследованной территории выявлено произрастание 56 видов древесных растений, в т.ч. деревьев — 23 вида, кустарников — 33 вида. Всего учтено 7251 отдельная особь и 1787 зарослей. С 6 апреля по 20 октября 2016 г. осуществлено 102 однодневных выезда на полевые работы, в течение которых выполнены собственно картографические работы. В это количество не входит время, потраченное на картирование границы леса, рекогносцировочное обследование территории (март 2016 г.), фотосъёмку участка с помощью квадрокоптеров (май, июль, октябрь 2016 г.).

Важнейшим результатом работы является оценка современного состояния и структуры популяции главной

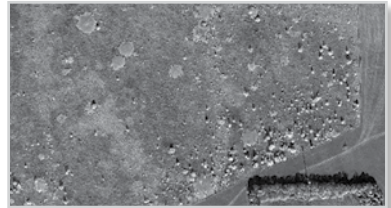


Фото 16 — Слой проективных покрытий древесно-кустарниковой растительности Второго некосимого участка Стрелецкой степи на фоне аэрофотоснимка

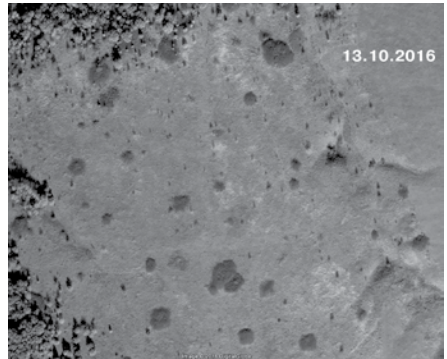
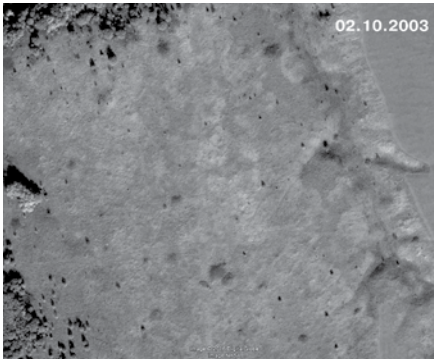


Фото 17–18 — Многолетняя динамика контуров зарослей кустарников (с октября 2003 по октябрь 2016 гг.).

[illegible]

КАРТА
ДРЕВЕСНО-
КУСТАРНИКОВОЙ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ
И
ВТОРОГО
НЕКОСИМОГО
УЧАСТКА
СТРЕЛЕЦКОЙ
СТЕПИ
(фрагмент)

Составители:
О.В. Рыжков,
Г.А. Рыжкова,
2016

МАСШТАБ 1 : 400

Легенда

1. Дуб	2. Береза	3. Ель	4. Сосна
5. Лиственница	6. Пихта	7. Кедр	8. Тополь
9. Ива	10. Желтая акация	11. Черная акация	12. Кустарниковый
13. Злаковые	14. Многолетние травы	15. Однолетние травы	16. Ясноткоцветные
17. Розовые	18. Мальвовые	19. Злаковые	20. Многолетние травы
21. Однолетние травы	22. Ясноткоцветные	23. Розовые	24. Мальвовые
25. Злаковые	26. Многолетние травы	27. Однолетние травы	28. Ясноткоцветные
29. Розовые	30. Мальвовые	31. Злаковые	32. Многолетние травы
33. Однолетние травы	34. Ясноткоцветные	35. Розовые	36. Мальвовые
37. Злаковые	38. Многолетние травы	39. Однолетние травы	40. Ясноткоцветные
41. Розовые	42. Мальвовые	43. Злаковые	44. Многолетние травы
45. Однолетние травы	46. Ясноткоцветные	47. Розовые	48. Мальвовые
49. Злаковые	50. Многолетние травы	51. Однолетние травы	52. Ясноткоцветные
53. Розовые	54. Мальвовые	55. Злаковые	56. Многолетние травы
57. Однолетние травы	58. Ясноткоцветные	59. Розовые	60. Мальвовые
61. Злаковые	62. Многолетние травы	63. Однолетние травы	64. Ясноткоцветные
65. Розовые	66. Мальвовые	67. Злаковые	68. Многолетние травы
69. Однолетние травы	70. Ясноткоцветные	71. Розовые	72. Мальвовые
73. Злаковые	74. Многолетние травы	75. Однолетние травы	76. Ясноткоцветные
77. Розовые	78. Мальвовые	79. Злаковые	80. Многолетние травы
81. Однолетние травы	82. Ясноткоцветные	83. Розовые	84. Мальвовые
85. Злаковые	86. Многолетние травы	87. Однолетние травы	88. Ясноткоцветные
89. Розовые	90. Мальвовые	91. Злаковые	92. Многолетние травы
93. Однолетние травы	94. Ясноткоцветные	95. Розовые	96. Мальвовые
97. Злаковые	98. Многолетние травы	99. Однолетние травы	100. Ясноткоцветные
101. Розовые	102. Мальвовые	103. Злаковые	104. Многолетние травы
105. Однолетние травы	106. Ясноткоцветные	107. Розовые	108. Мальвовые
109. Злаковые	110. Многолетние травы	111. Однолетние травы	112. Ясноткоцветные
113. Розовые	114. Мальвовые	115. Злаковые	116. Многолетние травы
117. Однолетние травы	118. Ясноткоцветные	119. Розовые	120. Мальвовые
121. Злаковые	122. Многолетние травы	123. Однолетние травы	124. Ясноткоцветные
125. Розовые	126. Мальвовые	127. Злаковые	128. Многолетние травы
129. Однолетние травы	130. Ясноткоцветные	131. Розовые	132. Мальвовые
133. Злаковые	134. Многолетние травы	135. Однолетние травы	136. Ясноткоцветные
137. Розовые	138. Мальвовые	139. Злаковые	140. Многолетние травы
141. Однолетние травы	142. Ясноткоцветные	143. Розовые	144. Мальвовые
145. Злаковые	146. Многолетние травы	147. Однолетние травы	148. Ясноткоцветные
149. Розовые	150. Мальвовые	151. Злаковые	152. Многолетние травы
153. Однолетние травы	154. Ясноткоцветные	155. Розовые	156. Мальвовые
157. Злаковые	158. Многолетние травы	159. Однолетние травы	160. Ясноткоцветные
161. Розовые	162. Мальвовые	163. Злаковые	164. Многолетние травы
165. Однолетние травы	166. Ясноткоцветные	167. Розовые	168. Мальвовые
169. Злаковые	170. Многолетние травы	171. Однолетние травы	172. Ясноткоцветные
173. Розовые	174. Мальвовые	175. Злаковые	176. Многолетние травы
177. Однолетние травы	178. Ясноткоцветные	179. Розовые	180. Мальвовые
181. Злаковые	182. Многолетние травы	183. Однолетние травы	184. Ясноткоцветные
185. Розовые	186. Мальвовые	187. Злаковые	188. Многолетние травы
189. Однолетние травы	190. Ясноткоцветные	191. Розовые	192. Мальвовые
193. Злаковые	194. Многолетние травы	195. Однолетние травы	196. Ясноткоцветные
197. Розовые	198. Мальвовые	199. Злаковые	200. Многолетние травы
201. Однолетние травы	202. Ясноткоцветные	203. Розовые	204. Мальвовые
205. Злаковые	206. Многолетние травы	207. Однолетние травы	208. Ясноткоцветные
209. Розовые	210. Мальвовые	211. Злаковые	212. Многолетние травы
213. Однолетние травы	214. Ясноткоцветные	215. Розовые	216. Мальвовые
217. Злаковые	218. Многолетние травы	219. Однолетние травы	220. Ясноткоцветные
221. Розовые	222. Мальвовые	223. Злаковые	224. Многолетние травы
225. Однолетние травы	226. Ясноткоцветные	227. Розовые	228. Мальвовые
229. Злаковые	230. Многолетние травы	231. Однолетние травы	232. Ясноткоцветные
233. Розовые	234. Мальвовые	235. Злаковые	236. Многолетние травы
237. Однолетние травы	238. Ясноткоцветные	239. Розовые	240. Мальвовые
241. Злаковые	242. Многолетние травы	243. Однолетние травы	244. Ясноткоцветные
245. Розовые	246. Мальвовые	247. Злаковые	248. Многолетние травы
249. Однолетние травы	250. Ясноткоцветные</		

72

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В СОЧИНСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ

Самсонов С. Д.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Сочинский национальный парк», г. Сочи, Россия
e-mail: samrex@hambler.ru*

Работа по созданию ГИС «Сочинский национальный парк» (ГИС «СНП») была начата в 2012 году. Внимательно изучив возможности наиболее распространенного программного обеспечения (ПО) для создания ГИС выбор был остановлен на продукте компании ESRI – ArcGIS 10.x. ArcGIS – семейство программных продуктов нового поколения, предоставляющее масштабируемую современную ГИС-платформу с развитой средой геообработки.

Территория Сочинского национального парка (СНП) на 94% покрыта лесами. Поэтому основой для создания базы данных ГИС «СНП» послужили материалы государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). За основу, при создании базы данных ГИЛ в формате ПО ArcGIS были взяты основные таксационные показатели: название участкового лесничества, номер квартала, номер выдела, экспозиция и крутизна склона, тип леса, тип лесорастительных условий, категория земель, бонитет, полнота, состав по ярусам, главная порода, высота, возраст, диаметр древостоя, состав подроста, густота и видовой состав подлеска, запас, площадь выдела, а также функциональная зона. В итоге, атрибутивная база ГИЛ СНП содержит 979186 единиц информации.

В состав ГИС включены электронные карты, созданные на основе цифровых моделей топографических карт для 3 стандартных номенклатурных листов масштаба 1:200000: L-37-34; K-37-04; K-37-05.

Исходя из требований экологических и социально-экономических условий, в которых функционирует Сочинский национальный парк, в существующую на данный момент «ГИС СНП» включены 85 слоев. Эти слои группируются по блокам:

1. Топографическая основа. Топооснову составляют карты, получаемые из интернета Online с картографических серверов ArcGIS Online и localhost:8089 (топографические карты OpenStreetMap, World Imagery, World_Topo_Map, публичная кадастровая карта Росреестра и др.), растровые подложки топографических карт «Генштаба», картографическая основа в векторном формате Краснодарского края, предоставленная ФГУ «РФИ Минприроды России».

2. Тематические слои. Учитывая специфику территории СНП, в состав второго блока включены растровые слои цифровой модели рельефа (ЦМР), полученные из интернета. На основе ЦМР созданы растры экс-



позиции и крутизны склона, высотной поясности. Так как основная часть территории СНП покрыта лесом (94%, ГИЛ 2008 г.), важное место в этом блоке занимает база данных ГИЛ. Слои содержат картографическую и атрибутивную информацию об основных таксационных показателях лесных выделов. На основе каждого показателя можно создать тематическую карту и провести необходимый статистический анализ.

В состав слоев этого блока включены карты природных ресурсов Краснодарского края в масштабе 1:200 000: климатическая, геологическая, тектонического районирования, геоморфологическая, месторождений минеральных лечебных вод, ресурсов поверхностных вод, растительности. Однако из-за мелкого масштаба эти карты могут использоваться лишь как справочные («Атлас-справочник «Природные ресурсы Кубани», 2004).

3. В третий блок вошли результаты научно-исследовательской и социально-экономической деятельности СНП. Созданы базы данных научных исследований, памятников истории, рекреационных объектов и маршрутов.

При планировании НИР «ГИС СНП» используется для выбора репрезентативных участков и прокладки маршрутов.

На основе «ГИС СНП» были созданы и апробированы проекты для работы в полевых условиях. При этом использовались устройства на платформе Android и Windows ОС. Определение местоположения (квартал, выдел, координаты) стало возможным без применения GPS-навигаторов. При этом были использованы программы с «открытым исходным кодом»: NextGIS Mobile — мобильная ГИС для операционной системы Android, позволяющая создавать, редактировать и выгружать геоданные, в режиме онлайн и оффлайн, и приложения ArcGIS для смартфонов и планшетов.

База данных «ГИС СНП» наполнена достаточным объемом информации для проведения НИР и лесохозяйственных мероприятий, позволяет создать необходимый набор тематических карт, визуализировать собранный в полевых условиях материал и провести его анализ.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ГИС "СОЧИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК"

Самсонов С. Д., Ананченко В. Н.

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

Работы по созданию геоинформационной системы (ГИС) «Сочинский национальный парк» проводятся в рамках НИР «Создание основного блока геоинформационной системы ФГБУ «Сочинский национальный парк» (СНП). Необходимость создания ГИС на отдельных особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и их объединения в общую систему возникла (в связи с необходимостью анализа большого количества разнотипной информации, накопленной в результате проведения многолетних научных исследований, проводимых на территории ООПТ).

В процессе выполнения работ по созданию ГИС СНП были изучены возможности различного программного обеспечения (ПО), применяемого в мировой практике. Наиболее детально были изучены возможности WinGIS, MapInfo и ArcGIS. В ходе анализа технических возможностей ПО пришли к выводу, что условно бесплатное ПО (ПО для создания ГИС, бесплатно распространяемое в интернете) может служить только как основа для аккумуляции накопленных знаний. Создание тематических карт без возможности их многофакторного анализа не отвечает современным требованиям создания ГИС ООПТ, основными задачами которых является: предоставление права доступа определённым кругам лиц к базам геоданных (БГД), обеспечение ведения комплексного мониторинга ООПТ (экологического, хозяйственного и т.п.), совместимость форматов данных; помощь в принятии управленческих решений, отражение состояния окружающей среды и обеспечение возможности прогнозирования ее изменений под воздействием природных и (или) антропогенных факторов. Наиболее оптимальным по своим функциональным возможностям является ПО ArcGIS фирмы ESRI. Одним из главных его недостатков, является высокая стоимость для бюджетных организаций.

Эффективное управление природопользованием СНП возможно при исчерпывающей и комплексной информации о природных ресурсах. В настоящее время информационная база о природных и социально-экономических ресурсах СНП разрознена и в связи с этим имеет следующие недостатки:

- базы данных лесоустройства, землепользования, использования рекреационных ресурсов хранятся в разных и порой не совместимых форматах, то есть не могут быть объединены в единую систему;
- данные, содержащиеся в этих базах, трудно сопоставимы и, соответственно, не позволяют делать выводы об их взаимосвязях;



- формы хранения и обновления информации различны и несравнимы (вид носителя, масштабы, степень сжатия, программное обеспечение и т.п.);
- не предусмотрена возможность переоценки природных ресурсов при изменении социально-экономических условий.

Для территории Сочинского национального парка, которая неразрывно связана с территорией Большого Сочи, на современном этапе характерно увеличение масштаба использования леса в целях рекреации. Проведение строительных работ в связи с подготовкой Олимпийских игр привело к резкому ухудшению экологической обстановки в Сочи. Строительство Олимпийских объектов накладывает неизгладимый отпечаток на прилегающие ландшафты. В результате происходит перераспределение потоков рекреантов на этой территории. Поэтому все труднее становится совмещать основные функции национального парка: сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов, историко-культурных объектов и создание условий для регулируемого туризма и оздоровительного отдыха на природе.

Создавая ГИС, необходимо помнить, что при определении координат интересующих нас объектов используются GPS-приемники работающие в системе координат WGS-84. Картографические материалы государственной инвентаризации лесов представлены в системе координат СК-63. Эта система была введена в практику в начале 1960-х годов и отменена в 1987 году, однако разрешено использование созданных в ней картографических материалов. Координаты в этой системе не являются секретными, но коэффициенты перехода в другую систему координат до сих пор остаются закрытыми.

Имеющиеся в наличии электронные топографические и геологические карты выполнены в системе координат СК-42. Однако, параметры местоположения изучаемого объекта отличаются в разных системах координат. Поэтому, определяя эти параметры в системах координат WGS-84 и СК-63, необходимо помнить, что для достоверного отображения местоположения изучаемого объекта эти данные следует переводить в выбранную для ГИС систему координат.

РАЗРАБОТКА АДАПТИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОЗЕРНО-БАССЕЙНОВЫХ СИСТЕМ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ (ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ)

Токарчук О. В.

*Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина,
г. Брест, Беларусь*

Общая характеристика исследования. Научная идея проводимого исследования базируется на бассейновом принципе (подходе) управления использованием, охраной и возобновлением водных ресурсов, суть которого заключается в том, что водные объекты рассматриваются в тесной связи с их поверхностными водосборами. Это позволяет объяснять изменения, происходящие в водных объектах под влиянием хозяйственного освоения прилегающих к ним территорий, а также разрабатывать территориальные схемы их охраны.

В настоящее время в научной литературе устоялось представление об озерно-бассейновых системах как сложных геосистемах, объединяющих природный аквальный комплекс озера и природный (природно-антропогенный) комплекс поверхностного водосбора.

Следует отметить, что в Республике Беларусь большинство научных исследований в рамках бассейнового подхода направлено на изучение речных бассейнов, а бассейны озер включены в состав той или иной речной системы. Во многом это связано с тем, что данные исследования проводятся на региональном либо республиканском уровнях. Безусловно, выделение на таком уровне обособленных озерных бассейнов представляется достаточно схематичным, а зачастую в нем просто нет необходимости. В то же время, очевидно, что именно водные объекты с замедленным водообменном наиболее подвержены негативным воздействиям в результате хозяйственного освоения их поверхностных водосборов, которые необходимо учитывать.

При этом наибольшую практическую значимость имеет изучение сложноорганизованных озерных групп, дренируемых речными системами и испытывающих на себе комплекс разнонаправленных хозяйственных воздействий. Дополнительный импульс к изучению данных проблем обусловлен природоохранным и рекреационным статусом многих озерных систем Беларуси. Ввиду этого наибольший интерес в качестве модельных объектов для проведения подобных исследований представляют водоемы и территория национального парка «Нарочанский».

Выделение озерно-бассейновых систем является достаточно новым и перспективным направлением исследований в нашей стране, требующим привлечения разновременных крупномасштабных картографических источников и данных дистанционного зондирования Земли. При этом первоначально стоит задача как можно точнее определить поверхност-



ные водосборы озер с учетом рельефа земной поверхности, а также развития всей гидрографической сети исследуемой территории во времени (с учетом проведения гидротехнических мелиораций и хозяйственного освоения территории). Это необходимо для создания надежной и научно-обоснованной основы для накопления оперативной информации о хозяйственном освоении территории водосборов озер и факторах риска для естественного развития их природных аквальных комплексов.

Конечная цель исследования — комплексная геоэкологическая оценка современного состояния озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский».

Для достижения поставленной цели в ходе реализованных этапов исследования решался ряд частных задач: анализ методических и нормативных требований к выделению озерно-бассейновых систем, объединяющих природные аквальные комплексы озер и природные (природно-антропогенные) комплексы их поверхностных водосборов; подбор доступных картографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли, изучение возможностей их применения; разработка адаптированной методики выделения озерно-бассейновых систем исследуемой территории.

Возможность построения цифровой модели рельефа на основе векторных данных и автоматизированное определение границ водосборов.

Цифровые модели рельефа (ЦМР) в настоящее время широко используются специалистами, работающими в самых разных направлениях географии и геоморфологии. Одной из важнейших задач, решаемых с помощью ЦМР, является автоматизированное построение границ водосборов [1].

ЦМР является основополагающим элементом любой распределенной гидрологической модели, или бассейновой геоинформационной системы, поскольку позволяет определить многие морфометрические и гидрографические характеристики бассейнов: тальвеги и водоразделы, площади водосборов, порядки водотоков и т. д. При этом точность автоматизированного определения гидрографических характеристик зависит от характера рельефа, а также от разрешения ЦМР. Наименьшая точность определения границ водосборов по ЦМР характерна для территорий со слаборасчлененным рельефом в связи с тем, что на поверхности с близким к нулю уклоном направление стока и границы водосборов часто определяется неверно, а значительная часть территории вообще не дренируется гидрографической сетью или относится к областям внутреннего стока.

Для выполнения гидрологического анализа предъявляются также определенные требования и к разрешению ЦМР. Для автоматизированного оконтуривания бассейнов средних и малых равнинных рек пространственного разрешения и высотной точности свободно распространяемых ЦМР (SRTM-90, GTOPO-30) иногда оказывается недостаточно. В таком случае требуется создание ЦМР на основе оцифровки топографических карт или дорогостоящих данных радарной спутниковой съемки.

ЦМР, которая используется при определении гидрографических характеристик поверхностных водных объектов и их бассейнов, должна быть гидрологически корректной. Понятие гидрологической корректности ЦМР включает два основных положения [2]:

- 1) в ЦМР должны отсутствовать фиктивные точки стока (фиктивные депрессии);
- 2) потоковые линии (талвеги) на ЦМР должны совпадать с исходными отрезками речной сети.

При построении гидрологически корректной ЦМР должна учитываться не только информация о рельефе, но и данные о гидрографической сети и замкнутых понижениях.

Функции анализа ЦМР и расчета гидрографических характеристик поверхностных водных объектов и их бассейнов доступны во многих программных средствах ГИС, как свободно распространяемых, так и проприетарных. Наиболее широки функциональные возможности свободно распространяемых программных продуктов TAS и SAGA (System for Automatized Geoscientific Analysis). В системе ArcGis некоторые инструменты гидрологического анализа и моделирования реализованы в модуле Spatial Analyst.

Для автоматизированного выделения границ речных бассейнов первоначально необходимо создать гидрологически корректную цифровую модель рельефа. В программном пакете ArcGis для этого используется инструмент «Топо в растр», позволяющий принимать во внимание объекты гидрографической сети.

Второй наиболее известный метод построения ЦМР (создание триангуляционной модели TIN и ее последующая конвертация в растровый формат) позволяет использовать только данные о высотных отметках и изолинии высот.

Размер ячейки ЦМР зависит от детальности исходных данных о рельефе. В соответствии с рекомендациями, приведенными в работе [2] при построении ЦМР по данным с карт масштаба 1 : 100 000 – 20×25 м. В случае со слабо расчленённым рельефом оптимальным представляется размер ячейки – 25 м, выходной экстенд – как у слоя изолиний.

Для выделения по цифровой модели рельефа контуров бассейнов необходимо выполнить следующую последовательность операций с использованием инструментов Spatial Analyst группы «Гидрология»:

- заполнение локальных понижений в ЦМР (функция Fill);
- построение растра направления стока (функция FlowDirection);
- построение растра кумулятивного стока (функция FlowAccumulation);
- идентификация водотоков;
- определение точек устьев, или замыкающих створов;
- выделение границ водосборов (функция Watershed).

Заполнение локальных понижений выполняется с помощью инструмента Заполнение (выбирается группа инструментов Spatial Analyst, подгруппа Гидрология). Локальные понижения представляют собой небольшие артефактные (т.е. не существующие в природе) замкнутые впадины на цифровой модели рельефа, появление которых связано часто с неточностью исходных данных. Часто они приурочены к талвегам. Их заполнение необходимо для выделения по растру речной сети и границ водосборов. В качестве входного растра указывается растр ЦМР.



По цифровой модели рельефа с заполненными локальными понижениями строится растр направления стока по 8 румбам, значения которых соответствуют сторонам света (1 – В, 4 – ЮВ, 8 – Ю, 16 – ЮЗ, 32 – З, 64 – СЗ, 128 – С).

Для построения растра направления стока в ArcToolBox используется инструмент Направление Стока (подгруппа инструментов Гидрология). В качестве входных данных задается растр ЦМР.

Каждая ячейка растра направления стока несет информацию о направлении движения потока. На его основе рассчитываются линии водотоков и контуры водосборных бассейнов. Ячейки растра принимают одно из девяти возможных значений (рисунок).

Для растра направления стока настраивается тип легенды Уникальные значения, а список значений в легенде выполняется в соответствии со списком, приведенным на рисунке.

Растр кумулятивного стока (суммарный сток) рассчитывается на основе направления потоков. Для этого используется инструмент Суммарный сток (группа инструментов Гидрология). Данный инструмент позволяет определить линии тальвегов.

Результаты выполненных расчетов могут быть использованы для создания сети водотоков путем применения порогового значения для выбора ячеек с высоким суммарным стоком.

Каждый пиксель растра суммарного стока отображает то количество ячеек, по которым перемещается условный водный поток к данной ячейке. Значения в выходном растре, отображающие значительное потоковое накопление, могут быть использованы для идентификации речных русел. Построенная таким образом растровая модель содержит информацию о водотоках, причем имеется возможность задать минимальный кумулятивный сток, который для каждой ячейки определяется минимальным количеством ячеек, стекающих в данную. На выходе можно получить сеть водотоков с различной степенью генерализации.

Максимальные значения кумулятивного стока имеют ячейки, соответствующие руслам крупных рек. Для того чтобы выделить не только крупные, но и малые реки, а в последующем выделить границы водосборов, необходимо установить минимальное пороговое значение кумулятивного стока, соответствующее водотокам.

Далее производится идентификация водотоков, для чего выполняется сопоставление фактической речной сети с расчетным дренажом территории. Наилучшее совпадение достигается в пределах территорий с расчлененным рельефом.

Для автоматизированного выделения водосборов необходимо, чтобы положение замыкающих створов

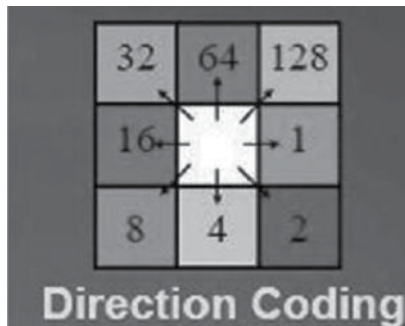


Рисунок – Возможные значения растра ячеек направления стока

соответствовало линиям расчетного дренажа. Для автоматизированного определения границ водосборов используется инструмент Водосборная область (подгруппа инструментов Гидрология). Чтобы получить верный результат, предварительно в Параметрах Среды данного инструмента необходимо задать экстенд обработки, соответствующий исходным данным (например, слою ЦМР).

Для расчета площади водосборов и различных морфометрических параметров необходимо конвертировать их контуры в векторный формат. Выполняется автоматическая векторизация полученного растрового слоя, для чего используется инструмент Конвертация — Из растра — Растр в полигоны, в группе инструментов Конвертации.

Выводы и предполагаемые направления исследований

На основе проведенного анализа доступных программных возможностей построения цифровой модели рельефа на основе векторных данных и автоматизированного определения границ водосборов были сделаны следующие выводы:

- доступные программные возможности на основе ЦМР в большей степени эффективны для участков топографической поверхности со значительным расчленением рельефа и слабо антропогенно измененной гидрографической сетью;
- автоматизированное определение границ поверхностных водосборов в большей степени эффективно для водотоков и существенно усложняется в условиях гидрографической сети, где определяющую роль играют водоемы;
- наилучший эффект автоматизация определения границ водосборов имеет для значительных по площади территорий с естественными границами и наоборот существенно затруднена на небольших территориях с абстрактными по отношению к процессам формирования поверхностного стока границами (административными, случайными и т. д.).

Таким образом, построение цифровой модели рельефа на основе векторных данных и автоматизированное определение границ озёрно-бассейновых систем Национального парка «Нарочанский» не может быть полностью эффективным, в тоже время может дополнять выделение, производимое в среде ГИС традиционным графоаналитическим способом на основе полного комплекса топографической информации.

Наиболее целесообразным с точки зрения решения поставленных задач представляется изучение характера распространения поверхностных вод в пределах исследуемой территории по «привязанным» к ГИС разновременным топографическим картам масштаба 1 : 100 000, другим картографическим и литературным источникам, справочным изданиям, данным дистанционного зондирования Земли. Первоначально следует выполнить анализ особенностей распространения отдельных групп водных объектов, а также характер гидрографической сети в пределах отдельных разнородных в физико-географическом отношении частей парка (структура гидрографической сети, густота русловой сети, озерность, строение долин и пойм рек, котловин озер, уклоны и скорости течения рек, степень хозяйственной преобразованности гидрографической сети и т. д.).



Далее предлагается провести анализ структур гидрографической сети и бассейнового строения территории на основе собранных современных топографических карт масштаба 1 : 100 000, а также топографических карт начала и конца XX в. сопоставимых масштабов.

Под структурой гидрографической сети при этом предполагается рассматривать совокупность водотоков и водоемов разных порядков. За основу предлагается взять обратную (нисходящую) классификацию водотоков по их порядковости, предложенную Р. Хортоном [3], использование которой основывается на опыте ряда подобных работ.

Согласно классификации Р. Хортона, 1-й порядок присваивается самым малым неразветвленным водотокам либо озерам не имеющим притоков. Однако в ходе хозяйственного освоения рассматриваемой территории ее гидрографическая сеть дополнилась новыми водотоками (каналы мелиоративных систем), а многие природные водотоки 1-го порядка исчезли. Самыми малыми неразветвленными водотоками территории во многих случаях являются мелиоративные каналы и канавы, не имеющие четко выраженного водосбора. Это обстоятельство требует выбора иного критерия выделения водотоков 1-го порядка. С учетом задач проводимого исследования в качестве такового предполагается взять однозначную обособленность водосбора водотока, прослеживаемую на современных картах масштаба 1 : 100 000. В качестве водотоков 1-го порядка предлагается рассматривать три группы водотоков:

- естественные водотоки и водоемы ранее 2-го и более высоких порядков, уменьшившие порядок за счет исчезновения мелких неразветвленных притоков и создания мелиоративной сети;
- естественные водотоки и водоемы ранее 1-го порядка, сохранившие обособленность водосбора в ходе хозяйственного освоения (могут иметь в качестве притоков мелиоративные каналы);
- каналы, имеющие обособленный водосбор, сопоставимый по размерам с водосборами других водотоков 1-го порядка в предлагаемой схеме.

Водотоки и водоемы 2-го и более высоких порядков предполагается выделять по аналогии с классификацией Р. Хортона. Так, в качестве водотоков и водоемов 2-го порядка предполагается рассматривать водотоки, принимающие притоки 1-го порядка и только их; в качестве водотоков и водоемов 3-го порядка — водотоки, принимающие один или более притоков 2-го порядка, а также притоки 1-го порядка и т. д.

Структура бассейнового строения исследуемой территории предполагается рассматривать как отражение структур гидрографической сети — как совокупность бассейнов составляющих ее водотоков и водоемов. В ходе исследования предполагается выделить отдельные структурные единицы бассейнового строения. Предполагается выделить структуры трех типов: элементарные водосборы (ЭВ), элементарные приречья (ЭПР) и элементарные приозерья (ЭПО).

К ЭВ предлагается относить водосборы водотоков и водоемов 1-го порядка. Часть территории, не относящейся к ЭВ, предполагается рассматривать как зону боковой приточности, состоящей из элементарных приречий и элементарных приозерий. В качестве границ ЭПР и ЭПО предполагается

рассматривать места впадения в водоток или водоем притоков 1-го и более высоких порядков (узловые точки) и отходящие от них водоразделы: с одной стороны — водораздел водосбора притока, с другой — водораздел в пределах зоны приточности. Таким образом, ЭПР как бы будут сменять друг друга вниз по течению, располагаясь от одного слияния рек до другого, а ЭПО окружать крупный водоем. Границы ЭБ, ЭПР и ЭПО, линии водоразделов, предполагается проводить по разновременным топографическим источникам масштаба 1 : 100 000 и уточнять по данным дистанционного зондирования Земли.

На основе результатов установления порядков водоёмов и водотоков, выделения дробных единиц строения озёрно-бассейновых систем (элементарных водосборов, элементарных приречий и элементарных приозерий) и проведения их границ (линий водоразделов) предполагается составление электронной гидрографической карты, отражающей иерархию структур гидрографической сети и бассейнового строения НП «Нарочанский» и прилегающих территорий. Предполагается оформление карты в виде совокупности формирующих проект геоинформационной системы отдельных тематических слоев, реализованных в программной среде ArcGIS Desktop.

Список использованных источников:

1. Мальцев, К. А. Использование цифровых моделей рельефа для автоматизированного построения границ водосборов / К. А. Мальцев, О. П. Ермолаев // Геоморфология. — 2014. — №1. — С. 45–53.
2. Яковченко, С. Г. Создание геоинформационных систем в инженерной гидрологии: дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.35 / С. Г. Яковченко. — Барнаул, 2007. — 406 с.
3. Хортон, Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов: гидрофизический подход к количественной морфологии / Р. Хортон ; под ред. М. А. Великанова. — М. : Госиздат. иностр. литературы, 1948. — 158 с.



РАЗРАБОТКА МНОГОЦЕЛЕВОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Токарчук С. М., Маевская А. Н., Тишук Д. А.

*Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина,
г. Брест, Беларусь*

Введение.

Согласно данным Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды в Брестской области располагается 89 памятников природы. Их сеть в сравнении с другими областями не столь широка (например, в Витебской области памятников природы насчитывается более 200). Несмотря на относительно небольшое их количество, многие природные объекты находятся в отдаленности от основных транспортных путей, что в большинстве своем характерно для природоохранных объектов вне населенных пунктов. Ввиду этого и ряда других причин (недостаток финансирования, отсутствие планов описи и т.д.) информация о многих памятниках природы или отсутствует, или разбросана в пределах различных текстовых, нормативно-правовых и web-ресурсов. Таким образом значительную актуальность приобретают исследования направленные на инвентаризацию и визуализацию системы памятников природы регионов.

Наиболее полному и всестороннему решению данной задачи могут помочь современные ГИС-технологии. Разработка и создание ГИС широко используется во всех эколого-географических направлениях, в том числе и в природоохранной деятельности. Однако, несмотря на значительное количество разработок по созданию ГИС особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в современной Беларуси, памятники природы зачастую остаются «невидимыми» объектами на картах и в электронных базах данных ООПТ. В то же время памятники природы, являющиеся самым распространенным видом охраняемых природных территорий, обладают значительным потенциалом использования и развития. Таким образом, значительную актуальность приобретают исследования, направленные на изучение и популяризацию данных о памятниках природы с использованием ГИС-технологий.

Необходимо отметить, что ГИС включают в себя возможности систем управления базами данных (СУБД), редакторов растровой и векторной графики и аналитических средств. Геоинформационные системы включают в себя пять ключевых составляющих: аппаратные средства, программное обеспечение, данные, исполнители и методы.

Одним из наиболее важных и значимых компонентов ГИС чаще всего называют данные. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные данные могут собираться и подготавливаться как самим пользователем, так и быть полученными из

других источников. В процессе управления пространственными данными географическая информационная система объединяет географическую информацию с другими типами данных. В результате чего, большую значимость приобретают работы не только по картированию памятников природы, но и по созданию баз данных, которые могут быть внедрены в систему ГИС.

Общая характеристика проекта.

Таким образом, для территории Брестской области возникла идея проекта, которая заключается в интеграции на основе геоинформационных технологий сложной разноплановой (экологической, правовой, пространственной) информации для уникальных природных объектов (на примере памятников природы), что позволит упростить работу с данными объектами природоохранным службам, а также развивать потенциал их использования в различных сферах деятельности. В процессе реализации данного проекта предполагается произвести сбор, обработку, систематизацию и географическую привязку разнородных данных, характеризующих существующие и перспективные памятники природы Брестской области. Собранные данные будут интегрированы в многоцелевую интерактивную картографическую базу данных.

Основная **цель** реализации проекта — разработать и апробировать на конкретной территории методики создания и дальнейшего использования многоцелевой интерактивной картографической базы данных уникальных природных объектов крупного региона.

Для достижения поставленной цели предполагается решить следующие **задачи**:

- разработать концепцию реализации многоцелевой интерактивной картографической базы данных уникальных природных объектов региона;
- создать интерактивную картографическую базу данных памятников природы Брестской области;
- разработать и обосновать серию алгоритмов практического использования созданной многоцелевой интерактивной картографической базы данных памятников природы Брестской области;
- оценить эффективность выполненной базы данных и разработанных алгоритмов путем реализации ряда web-продуктов (картографических приложений, интернет-портала, электронного атласа) для различных территориальных уровней, тематических направлений и потенциальных заказчиков.

Можно отметить, что тема ГИС-картографирования особо охраняемых природных территорий областей Беларуси достаточно популярна среди современных исследований. Однако, в данных работах чаще всего идет речь о картографировании либо всей сети ООПТ, где наибольшее внимание уделяется крупным территориям преимущественно республиканского значения, а также картографированию отдельных ООПТ (в Беларуси это НП «Нарочанский», «Беловежская Пуща», заказники «Выгонощанское», «Налибокский» и др.) либо уникальных природных объектов (чаще всего геологических или ботанических). Для территории Брестской об-



ласти крупные региональные проекты, связанные с инвентаризацией и ГИС-картографированием памятников природы, практически не проводились, что подтверждается не только анализом научной литературы, но и сведениями Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Таким образом, в нескольких основных моментах можно описать принципиальное **отличие** данного проекта от представленных в научной литературе публикаций.

Во-первых, памятники природы, являясь небольшими по площади, а часто точечными особо охраняемыми природными территориями, гораздо реже выступают объектами ГИС-проектов. В результате чего их изучению, картографированию, а также использованию уделяется недостаточное внимание.

Во-вторых, наиболее популярными ГИС-продуктами в настоящее время являются собственно ГИС-проекты, картографические web-приложения, геопорталы. В то же время, основой большинства ГИС-продуктов выступают инвентаризационные базы, разработке и созданию которых уделяется недостаточное внимание. Таким образом, создание базы данных памятников природы, которая будет иметь географическую основу и размещена в свободном доступе в сети интернет (в том числе на страницах сайтов государственных учреждений) имеет значительную актуальность.

В-третьих, принципиальным отличием данной работы выступает не только создание интерактивной картографической базы данных, но и разработка ряда алгоритмов для ее дальнейшего использования, а также их апробация. Данное отличие позволит увеличить практическую значимость работы и даст возможность дальнейшего развития проекта.

Проект разработки многоцелевой интерактивной картографической базы данных памятников природы Брестской области включает три основных **блока**.

Первый блок — разработка концепции и реализация многоцелевой интерактивной картографической базы данных памятников природы Брестской области, размещенной в сети Интернет. Реализация данного этапа будет выполняться в тесном сотрудничестве с Брестским комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также районными инспекциями (что связано с отсутствием подробной информации по многим уникальным объектам в общих базах данных ООПТ).

Второй блок — разработка серии алгоритмов практического использования созданной многоцелевой интерактивной картографической базы данных памятников природы Брестской области. В первую очередь, данные алгоритмы направлены на развитие практической значимости базы данных и будут учитывать, как возможность дальнейшего использования, созданного ГИС-продукта различными организациями (природоохранными, образовательными), так и в различных направлениях (экологическое образование и просвещение, туризм).

Третий блок — реализация ряда web-продуктов (картографических приложений, интернет-портала и др.) с целью оценить эффективность выполненной базы данных и разработанных алгоритмов.

При проведении данного исследования будет применяться широкий спектр групп **методов** различных научных направлений: географические методы (описательный, сравнительно-географический, картографический и др.), математические и информационные методы, геоинформационные методы (ГИС-технологий, ГИС-анализа и др.), социологические методы (анкетирование, интервьюирование).

Также, при выполнении исследования будут выполняться полевые работы, направленные на изучение, описание, фотографирование и геолокализацию памятников природы на локальных модельных территориях (г. Брест, г. Кобрин, Барановичский, Березовский, Жабинковский районы).

Для создания базы данных и web-приложений будет использоваться облачная инфраструктура ArcGIS Online (программный продукт компании ESRI, США), что дает доступ к уже развернутому и готовому к использованию частному защищенному экземпляру ГИС инфраструктуры в облаке (для организаций, т.е. лицензионных аккаунтов). Установка дополнительного аппаратного и программного обеспечения не требуется. Личный аккаунт ArcGIS Online позволяет создавать, хранить и управлять веб-картами, приложениями и другими пространственными данными. Они могут быть доступны только определенной организации или открыты для всеобщего просмотра.

Основными ожидаемыми **результатами** проекта будут являться:

Концепция многоцелевой картографической базы данных памятников природы региона, как сложной системы описательной, цифровой, картографической и иной информации, имеющей геолокализацию на интерактивной web-карте.

Интерактивная картографическая база данных памятников природы Брестской области, размещенная в сети Интернет.

Серия алгоритмов практического использования интерактивной картографической базы данных памятников природы для различных территориальных уровней (область, район, город), тематических направлений (туристического, природоохранного, образовательного и др.), организаций (государственных, общественных и др.).

Серия web-продуктов (картографических приложений, интернет-портала и др.), отображающих возможности дальнейшего развития и использования базы данных, выполненных для Брестской области и ряда модельных территорий (г. Брест, г. Кобрин, Барановичский район, Жабинковский район).

Научная значимость проекта заключается в разработке и апробации на примере памятников природы интерактивной картографической базы данных таких объектов в Брестской области, размещенной в сети Интернет, которые могут использоваться для проведения аналогичных либо подобных данному исследованию других регионов Беларуси либо других видов уникальных природных объектов (например, дендросадов, городских скверов и т.д.).

Практическая значимость проекта заключается в том, что планируемая для создания интерактивная картографическая база данных памятников



природы Брестской области востребована как на региональном, так и на локальном административном уровнях для обоснования проектов природоохранных мероприятий, популяризации данных об уникальных природных объектах области.

Данный проект имеет также большую **социальную значимость**, т.к. проведенные на предварительном этапе опросы жителей области показали, что абсолютное большинство респондентов не знакомы с таким понятием как «памятник природы» и не могут назвать примеры памятников природы ни в Брестской области, ни в своем административном районе. Таким образом, социальная ценность проекта заключается в содействии экологическому образованию и просвещению населения путем информационного обеспечения местных жителей актуальными данными о памятниках природы Брестской области, их местоположении и основных особенностях.

Инвентаризация памятников природы Брестской области. Базовой основой проекта является инвентаризация памятников природы Брестской области.

Инвентаризация – это мероприятие, проводимое для учета и сбора основных данных о количестве и качественных характеристиках рассматриваемых объектов.

К созданию баз данных ГИС предъявляются высокие требования, связанные с пространственной формой организации и представления данных. В результате чего база данных ГИС должна быть:

- 1) согласованной по времени – хранящиеся в ней количественные данные должны соответствовать определенному времени, быть актуальными;
- 2) полной, достаточно подробной для предполагаемого создания ГИС или картографического произведения; категории данных и их подразделения должны включать все необходимые сведения для осуществления анализа или математико-картографического моделирования исследуемого объекта или явления;
- 3) позиционно точной, абсолютно совместимой с другими данными, которые могут добавляться в нее;
- 4) достоверной, правильно отражающей характер явлений, для этого необходимо четко определить включенные в нее атрибуты явлений;
- 5) легко обновляемой;
- 6) доступной для любых пользователей.

Составление базы данных является одним из наиболее сложных и длительных по времени этапов исследования. От точности и качества составленной базы данных зависит итоговый картографический материал. Поэтому в геоинформационных работах большое значение имеет разработка и создание баз данных, которые являются основой для составления картографического материала и проведения тематических исследований.

В настоящее время выполнены основные элементы инвентаризации памятников природы Брестской области, которые будут положены в основу реализации проекта. В ходе проведения инвентаризации памятников природы Брестской области использовалось несколько типов баз данных, с помощью которых возможно создание итоговой интерактивной базы

данных, картографического материала, а также проведения научных исследований.

Базы данных Microsoft Excel. Представленные базы данных создавались для нескольких целей:

1. Как *общие инвентаризационные базы данных памятников природы*, которые можно рассматривать как природоохранный реестр.
2. Как базы данных, для *создания картографических web-приложений*. В данном случае использовались два типа баз данных:
 - а) базы данных с помощью которых создавались картографические web-приложения ручным способом; создание этих баз данных не является обязательным при реализации приложений, но во многом облегчает данную работу, а также позволяет легко восстановить приложение или его отдельные элементы в случае потери;
 - б) базы данных, импортированные в среду ArcGIS Online. Эти базы данных можно использовать для непосредственного создания некоторых типов картографических приложений ArcGIS Online (например, Map Shortlist). В данном случае, используются таблицы Microsoft Excel двух типов: (1) где все типы объектов внесены в один лист таблицы; (2) где каждая группа типов объектов внесена в отдельный лист таблицы. В последствии данные таблицы импортируются в среду ArcGIS Online с автоматическим созданием карты-основы.
3. Как *описание тематических маршрутов*, в которые памятники природы включены как одни из элементов, либо являются единственными по типу объектами. На основании данных таблиц возможно создание виртуальных экскурсий с использованием различных типов web-приложений.

Базы данных Microsoft Access. С использованием данного программного обеспечения была создана основная инвентаризационная база данных памятников природы Брестской области. Инвентаризационные базы данных создавались для целей создания картографического материала на базе настольной ГИС и разработки ряда web-приложений. База данных для web-приложений имеет отличимые от базы данных настольной ГИС названия столбцов таблиц Microsoft Access. Они соответствуют названиям столбцов таблиц, находящихся в среде шаблонов ArcGIS Online. При помощи внедрения баз данных в программные продукты компании ESRI и визуализации данных при помощи целого ряда инструментов создавались картографические и web-продукты различных типов.

Создание инвентаризационных баз данных с использованием картографических web-приложений. Разработка и создание инвентаризационных баз данных предшествуют этапу картографирования, который зачастую невозможно начать без сформированной базы данных. Создание базы данных ответственный и трудоемкий процесс и часто является очень продолжительным. Ввиду чего задерживаются работы по созданию картографической основы приложения. Однако, современные ГИС технологии позволяют создавать картографическую продукцию (в том, числе web-приложения) без данного этапа. Кроме того, особенность современных



ГИС (наличие атрибутивной составляющей) приводит к тому, что в момент создания карты (картосхемы, web-приложения и др.) автоматически создается атрибутивная таблица данных, которую в последствии можно экспортировать в любой из табличных форматов (например, Microsoft Excel) и использовать как стандартную базу данных.

При создании табличного материала подобным способом сразу решаются две задачи: (1) создается картографический материал; (2) косвенно ведется работа по составлению некоторой части базы данных, т.к. некоторые столбцы таблицы (например, URL изображения, описание объекта и т.д.) создаются автоматически при работе с web-приложением.

При изучении памятников природы Брестской области создание инвентаризационных баз данных путем реализации картографических web-приложений проводилось с использованием облачной инфраструктуры картографирования ArcGIS Online.

Заполняемость базы данных зависит от многих факторов: (1) типа используемого приложения; (2) способа внесения в приложение информации; (3) разнородности внесенной информации; (3) типа учетной записи ArcGIS Online (бесплатная или лицензионная) и т.д.

Автоматические создаваемые в шаблонах картографических web-приложений ArcGIS Online таблицы отличаются друг от друга по структуре, содержанию и др. Несмотря на все разнообразие, наиболее удачными, для структурирования информации и составлению на ее основе баз данных, являются приложения на базе шаблонов «Story Map Tour» и «Story Map Shortlist». Что во многом обусловлено простотой их использования, при очень широком функционале. Т.к. данные приложения являются наиболее простыми по содержанию, эти таблицы наиболее структурированы.

Выводы.

Результаты реализации проекта могут быть использованы:

- в деятельности органов государственного управления (районные инспекции и областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды);
- для информирования государственных и общественных организаций об особенностях местоположения и общей характеристике памятников природы Брестской области;
- для улучшения осведомленности жителей области об уникальных природных объектах как всей области, так и своих административных районов, их особенностях и возможностях общественного мониторинга;
- для развития экотуризма при создании туристических маршрутов;
- в деятельности научных организаций, ведущих мониторинговые и исследовательские работы;
- в деятельности учреждений образования при изучении курсов природоохранной направленности, ГИС-технологий, а также при выполнении научно-исследовательских работ.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ КРОН ОДИНОЧНЫХ ДЕРЕВЬЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ

Украинский П. А.

*Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, ФГБУ "Государственный заповедник "Белогорье",
pa.ukrainski@gmail.com*

Во многих экологических исследованиях анализируются пространственные данные с точечной геометрией (далее - точечные данные) [11]. В основном это места находок особей отдельных видов, следов их жизнедеятельности, места гнездования и тому подобное. Раньше такие объекты картографировались на основе наземных измерений. Сейчас все больший объем точечных данных собирается с помощью GPS-приемников. Относительно недавно стали доступны космические снимки субметрового пространственного разрешения. Они стали еще одним перспективным средством сбора точечных данных.

Существует ряд примеров использования ДДЗ для получения точечных данных в экологии. Существует опыт исследования по снимкам скоплений крупных животных (морских млекопитающих и сайгака) [4; 6]. Нами исследовалось размещение отдельно стоящих деревьев на территории участка Ямская степь заповедника «Белогорье» [2; 8; 10].

Имеющийся у нас опыт распознавания одиночных деревьев на космических снимках основан на использовании визуального дешифрирования. Этот метод полностью удовлетворяет наши потребности при работе на локальном уровне, в границах Ямской степи. Но он будет чрезмерно трудоемким при территориальном расширении исследований. Поэтому встает задача автоматизации процесса дешифрирования кроны одиночных деревьев.

Анализ публикаций, посвященных автоматизированному распознаванию кроны, не позволил нам найти подходящий метод. Часть работ направлена на определение координат кроны в верхнем ярусе сомкнутых древостоев [3]. В работах, посвященных дешифрированию отдельно стоящих деревьев, как правило, либо дается только математическое описание методики [12], либо предлагаемая методика требует применения программирования [1]. Все это создает очевидные трудности с воспроизведением подходов, описанных в литературе. Но из имеющихся работ мы заимствовали идею использования текстурных дешифровочных признаков для распознавания кроны [5; 7]. И разработали свою методику, опирающуюся на использования готовых инструментов, реализованных в уже существующем программном обеспечении [9].

Разработанная методика предназначена для дешифрирования кроны отдельно стоящих деревьев на панхроматических снимках с субметровым пространственным разрешением. Снимки должны быть выполнены в теп-



лый период года, когда кроны деревьев находятся в облиственном состоянии. Обработка снимков выполняется при помощи программы ENVI.

Для распознавания кроны деревьев снимок подвергается ряду последовательных преобразований:

- 1) текстурная фильтрация;
- 2) преобразование главных компонент;
- 3) квантование;
- 4) растрово-векторное преобразование;
- 5) конвертация полигональных векторных объектов в точечные.

Текстурная фильтрация производит изображения, характеризующие текстуру космического снимка. Наш опыт показывает, что для распознавания кроны наиболее полезны такие характеристики текстуры, как дисперсия (Variance), однородность (Homogeneity), контраст (Contrast), разнородность (Dissimilarity). Кроме того, ENVI может рассчитывать еще такие характеристики текстуры как энтропия (Entropy), второй момент (Second Moment), корреляция (Correlation).

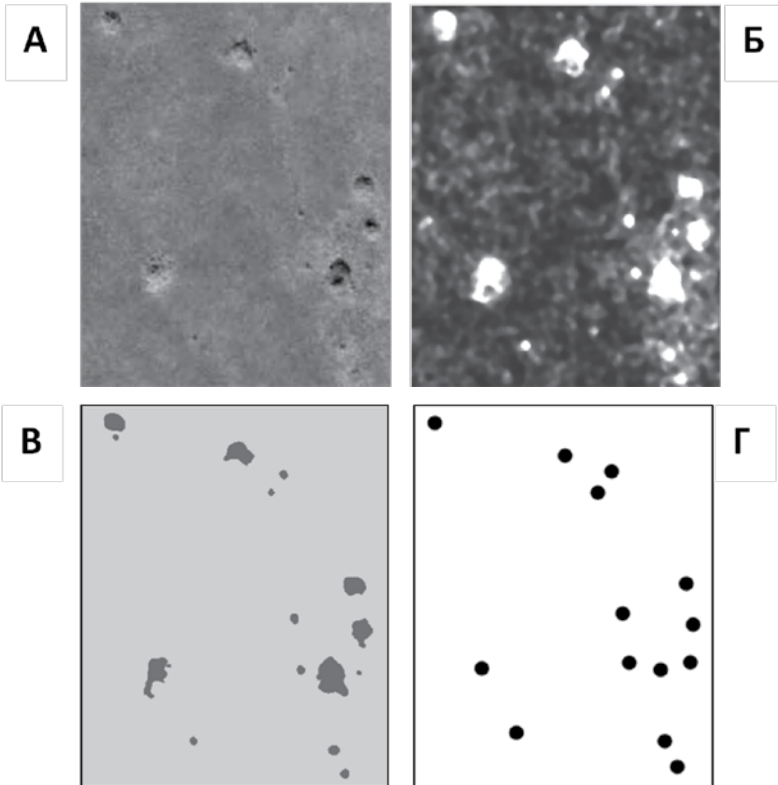
Информация, содержащаяся в изображениях разных текстурных характеристик, частично дублируется. Кроме того, эти изображения помимо полезной информации содержат также шум. Чтобы устранить шум и дублирование информации применяется преобразование главных компонент. Первая главная компонента, созданная на основе четырех текстурных характеристик, в дальнейшем используется для распознавания кроны.

Использование текстурной фильтрации и преобразования главных компонент позволяет решить главную проблему, мешающую автоматизированному распознаванию кроны на исходном снимке. Эта проблема заключается в том, что на космических снимках диапазоны яркости кроны и окружающего травостоя сильно пересекаются. И для этих двух классов характерна низкая разделимость на исходном снимке. А на первой главной компоненте, рассчитанной на основе четырех характеристик текстуры, разделимость кроны травостоя резко повышается. В нашем исследовании для оценки разделимости использовалось расстояние Джефриса-Мауситы [13]. Его удалось повысить с 0,76 до 1,47 (классы считаются разделимыми если значение больше 1,00).

Непосредственно само дешифрирование осуществляется с помощью процедуры квантования (порогового деления). Изображение первой главной компоненты разделяется на два класса по порогу, заданному пользователем. Значение этого порога необходимо подбирать индивидуально для каждого случая дешифрирования. В результате квантования получается карта классификации, содержащая два класса – кроны и травостоя. Далее карта классификации подвергается растрово-векторному преобразованию. Для каждого класса создается отдельный векторный слой с полигональной геометрией. Далее слой кроны в программе ArcGIS преобразуется в слой точечной геометрии. Он является конечным результатом, получаемым с помощью предложенной методики.

Разработанная методика была опробована для территории Ямской степи. В качестве исходных данных для дешифрирования использовался

космический снимок с пространственным разрешением 0.6 м/пиксель, взятый из мозаики ArcGIS World Imagery (рисунок).



Фрагмент исходного снимка (А), первая главная компонента (Б), карта классификации (В) и точечный слой крон деревьев (Г)

Общая площадь обследованной территории составила 75 га. На ней при визуальном анализе снимка выделяется 43 отдельно стоящих дерева. С помощью предложенной методики были распознаны 49 объектов. При этом ошибок пропуска не было, но были ошибки приписки (их доля составила 10,4%). Их возникновение связано либо с не до конца устраненным шумом в изображении, либо с «фрагментацией кроны при распознавании». Оставшийся в изображении шум приводит к ошибочному выделению крон неестественного малого диаметра. Крупные кроны в отдельных случаях могут распознаваться как несколько отдельных крон, которые расположены очень близко. Частично подобные ошибки могут быть устранены в автоматизированном режиме с помощью постклассификационной обработки карты классификации. В нашем случае она помогла снизить долю ошибок приписки до 2,3%. Таким образом, точность дешифрирования с помощью предложенной методики можно оценить как высокую.



Литература

1. Арбузов С. А. Автоматизированное определение координат деревьев по материалам аэро- и космических съёмок / С. А. Арбузов // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2013. — Т. 4. — № 1. — С. 43-47.
2. Арбузова М. В. Древесно-кустарниковая растительность межевой канавы и прилегающей к ней территории Ямской Степи / М. В. Арбузова, П. А. Украинский, К. В. Щербаков // Материалы межрегиональной научной конференции Флора и растительность Центрального Черноземья — 2014. — Курск, 2014. — С. 107-112.
3. Грушин М. А. Распознавание крон деревьев на снимках высокого разрешения / М. А. Грушин // Вестник Московского государственного университета леса—Лесной вестник. — 2012. — № 6 (89). — С. 149-153.
4. Платонов Н. Г. О возможности использования спутниковых изображений высокого разрешения для обнаружения морских млекопитающих / Н. Г. Платонов, И. Н. Мордвинцев, В. В. Рожнов // Известия РАН. Серия биологическая. — 2013. — № 2. — С. 217-226.
5. Родионова Н. В. Текстурная сегментация одноканальных изображений: примеры применения / Н. В. Родионова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2012. — Т. 9. — № 3. — С. 65-69.
6. Рожнов В. В. О возможности выявления сайгака (*Saiga tatarica*) на спутниковых снимках высокого разрешения / В. В. Рожнов, А. А. Ячменникова, Д. В. Добрынин // Доклады Академии наук. — 2014. — Т. 459. — № 6. — С. 769-773.
7. Терехов А. Г. Автоматический алгоритм классификации снимков QuickBird в задаче оценки полноты леса / А. Г. Терехов, Н. Г. Макаренко, И. Т. Пак // Компьютерная оптика. — 2014. — Т. 38. — № 3. — С. 580-583.
8. Украинский П. А. Описание пространственных закономерностей распространения древесной растительности в лесостепи с помощью географически взвешенной регрессии / П. А. Украинский // Сборник статей X Международной молодежной школы-конференции Современные подходы к изучению экологических проблем в физической и социально-экономической географии. — Москва: 11-ый формат, 2017. — С. 213-216.
9. Украинский П. А. Автоматизированное дешифрирование крон отдельно стоящих деревьев на космических снимках сверхвысокого пространственного разрешения / П. А. Украинский, Э. А. Терехин // Науки о Земле. — 2017. — № 1. — С. 36-47.
10. Украинский П. А. Использование инструментов пространственного анализа и пространственной статистики ArcGIS для решения научных задач ООПТ / П. А. Украинский, К. В. Щербаков // Материалы международной научно-практической конференции (тезисы) Современные технологии в деятельности ООПТ. — Нарочь: нац. парк Нарочанский, 2014. — С. 107-108.
11. Харитонов С. П. Метод «ближайшего соседа» для математической оценки распределения биологических объектов на плоскости и на линии / С. П. Харитонов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Биология. — 2005. — № 1. — С. 213-221.
12. Petrova M. S. Recognition and evaluation of cedar forests from aerial photography data / M. S. Petrova, K. T. Protasov, S. N. Velisevich // Proceeding of SPIE Vol. 6160 Twelfth Joint International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics/Atmospheric Physics. — 2006. — P. 61602F.
13. Review Article A review of multi-channel indices of class separability / I. L. Thomas [et al.] // International Journal of Remote Sensing. — 1987. — Vol. 8. — № 3. — P. 331-350.

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ФИТОМАССЫ

Яновский А. А.¹, Созинов О. В.^{2,3}

¹ *Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*

² *Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

³ *Гродненский государственный университет
им. Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь*

¹*E-mail: yanouski@ya.ru*

Повторное заболачивание выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений Беларуси к настоящему времени проведено на площади 83,8 тыс. га с учётом выработанных торфяных месторождений пойменного залегания, которые самопроизвольно превратились в неглубокие водоемы после прекращения работы насосных станций; 143,3 тыс. га выработанных торфяных месторождений требуют экологической реабилитации [1].

Часть повторно заболоченных территорий используется для создания гидрологических заказников (напр., «Миранка», «Гричино-Старобинский»), однако одновременно с этим из ООПТ постепенно изымаются участки торфяных месторождений для добычи торфа (напр., заказник «Докудовский»). Один из путей сохранения естественных болот — интенсивное использование повторно заболачиваемых участков для агроболотоводства — целенаправленного выращивания фитомассы на переувлажненных торфяных почвах с ее зимним скашиванием для производства топливных гранул и упаковочных материалов и добавления фитомассы к торфяным брикетам [9].

Для планирования при агроболотоводстве организации уборочных работ фитомассы требуются оперативные оценки пространственного расположения растительных сообществ, перспективных для промышленной заготовки фитомассы. По спутниковым снимкам данные оценки выполняемы за многократно меньший промежуток времени по сравнению с наземным учётом фитомассы и при этом существенно снижается стоимость выполнения данных работ. Среди опубликованных материалов есть работы по дистанционной оценке фитомассы тростниковых фитоценозов на естественных болотах с расчетом параметров уравнений регрессии по наземным измерениям фитомассы [8, 10, 11, 13]. Нами впервые выявлены особенности спектрального коэффициента отражения перспективных для заготовки энерготехнологической фитомассы растительных сообществ повторно заболоченного после промышленной эксплуатации торфяного месторождения, на основании которых разработана методика их дистанционного автоматизированного картографирования.



В качестве модельного полигона выбрана исключенная из промышленной эксплуатации юго-западная часть торфяника «Докудовский» площадью 913 га (между дд. Скаменный Бор и Минойты в Лидском районе Гродненской области Беларуси; UTM: 35ULV₃). В северной части модельного полигона в 2007 г. проведено повторное обводнение.

Разработка и проверка методики экспресс-оценки выполнена по снимкам спектрорадиометра *ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer)* уровня обработки *L1A* с датами съемки 19.07.2014 и 16.08.2015. В работе использованы каналы *ASTER* видимого и ближнего ИК-диапазонов спектра, пространственное разрешение в надире – 15 м.

1. Исследование фитоценозов модельного полигона. В полевые сезоны 2014 и 2015 гг. нами выполнено геоботаническое описание 31 подспутниковых площадей размером 10×10 м, расположенных на территории модельного полигона. Определение их расположения выполнено по результатам классификации без обучения снимков *Landsat 8 OLI* исходя из условия равномерности охвата площадями полученных кластеров и их различающихся по текстуре фрагментов.

Каждое геоботаническое описание включало полные видовые списки всех ярусов растительных сообществ, оценку проективного покрытия всех видов, метрические характеристики древесного яруса, для центра каждой пробной площади определены координаты с помощью *GPS*-навигатора. Обработка геоботанических описаний проведена при помощи компьютерной программы *JUICE* [12]. По результатам обработки всех геоботанических описаний выделено 7 растительных сообществ (табл. 1).

2. Радиометрическая коррекция и уточнение геопривязки спутникового снимка. Суть радиометрической коррекции спутниковых снимков за-

Таблица 1. – Растительные сообщества модельного полигона

№	Фитоценозы
1	Тростниковые фитоценозы (<i>Phragmites australis</i>)
2	Рогозовые, рогозово-хвощовые, рогозово-тростниковые фитоценозы (<i>Typha latifolia</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Juncus articulatus</i> , <i>J. effusus</i>)
3	Тростниково-осоковые (<i>Phragmites australis</i> , <i>Carex rostrata</i> , <i>C. pseudocyperus</i>) иногда с ивами (<i>Salix cinerea</i>)
4	Пионерная (рудеральная) растительность (<i>Tussilago farfara</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Cardaminopsis arenosa</i> , <i>Juncus conglomeratus</i>), иногда с ивами (<i>Salix cinerea</i> , <i>S. purpurea</i>) и участками с полностью уничтоженным живым напочвенным покровом
5	Мелколесье и кустарники (<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Populus tremula</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Cardaminopsis arenosa</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Rumex acetosa</i> , <i>Salix myrsinifolia</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Trifolium pratense</i>)
6	Злаково-разнотравные луга (<i>Agrostis gigantea</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Phleum pratense</i> , <i>Poa pratensis</i>)
7	Формирующаяся луговая растительность с рудеральными микрогруппировками (<i>Angelica sylvestris</i> , <i>Bromopsis inermis</i> , <i>Carduus crispus</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Erigeron canadensis</i> , <i>Galium mollugo</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Thalictrum lucidum</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Veronica chamaedrys</i> , <i>Vicia cracca</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i>)

ключается в пересчете безразмерных значений пикселей в общепринятые физические значения спектрального коэффициента отражения. Радиометрическая калибровка снимка *ASTER*, коррекция пропущенных строк каналов снимка и коррекции на значение зенитного угла Солнца, расстояние между Землей и Солнцем и состояние атмосферы на момент съемки проведены с помощью разработанного нами программного продукта «Оценка поверхности торфяных месторождений» [2, 3]. Атмосферная коррекция проведена с помощью улучшенного метода *DOS (Dark Object Subtraction)* [4, 5].

Для коррекции местоположения площадей геоботанических описаний в системе координат используемого снимка *ASTER* измерили *GPS*-координаты наземных контрольных точек (центры пересечения и развилок дорог, центры мостов, центры резких поворотов дороги), используя которые с помощью программы «Оценка поверхности торфяных месторождений» исключили систематическое смещение геопривязки снимка на основе *RPC*-модели, рассчитанной по содержащимся в метаданных снимка таблицам геометрической коррекции.

3. Классификация растительных сообществ для автоматизированного картографирования. Исследуемые сообщества объединили в соответствии с их перспективностью для заготовки энерготехнологической фитомассы. Низкая продуктивность травянистых растительных сообществ осушенных участков торфяника делает их неперспективными для промышленной заготовки фитомассы [14]. Рогозовые сообщества (№ 2 табл. 1) модельного полигона находятся на первых стадиях гигрофильной сукцессии и, соответственно, характеризуются мозаичной структурой и не сомкнутым травянистым ярусом, поэтому заготовка сырья на них нецелесообразна. Таким образом, из исследуемых растительных сообществ модельного полигона для заготовки энерготехнологической фитомассы перспективными являются тростниковые и тростниково-осоковые сообщества, мелколесья и кустарники. При этом для использования древесной фитомассы требуется дополнительное оборудование для ее заготовки и измельчения и большее предварительное высушивание собранной фитомассы, поэтому высокую сомкнутую древесную растительность выделили в отдельный класс. В результате исследуемые растительные сообщества (табл. 1) объединили в 3 класса: «перспективные для заготовки энерготехнологической фитомассы» (сообщества 1, 3 и 5 (кроме сомкнутой высокой древесной растительности)), «неперспективные для заготовки энерготехнологической фитомассы» (сообщества 2, 4, 6 и 7) и «ограниченно перспективные для заготовки энерготехнологической фитомассы» (сомкнутая высокая древесная растительность).

4. Определение наиболее эффективной комбинации спектральных каналов для автоматизированного картографирования. Для разработки методики автоматизированного картографирования данных трех тематических классов сравнили 10 комбинаций каналов *ASTER* видимого и ближнего ИК-диапазонов спектра: канал 1, канал 2, канал 3N, канал 1/канал 2, канал 1/канал 3N, канал 3N/канал 2, *NDVI*, *NDWI*, *NDGI* и канал 2/*NDVI*. Для каждого варианта извлекли значения пикселей, соответствующих точкам гео-



ботанических описаний и построили диаграммы размаха. Из дальнейшего анализа исключили каналы и их комбинации, которым соответствуют диаграммы размаха с перекрывающимися межквартальными расстояниями и диаграммы размаха, на которых диапазон значений (без выбросов) одного класса, содержит диапазон значений другого класса. В результате остались *канал 2* и комбинации каналов *канал 3N / канал 2*, *NDVI* и *канал 2 / NDVI*. Наименьшее перекрытие диапазонов своих значений для рассматриваемых классов растительности продемонстрировало отношение *канал 2 / NDVI*. Для проверки результатов анализа диаграмм размаха выполнили тест Ван-дер-Вардена, результаты которого подтвердили, что наилучшее разделение трех искомым классов растительности обеспечивает отношение *канал 2 / NDVI*, поскольку из сравниваемых комбинаций ему соответствует наименьшее *p*-значение (табл. 2).

5. Ресурсное картографирование. При тематическом картографировании водоемы, а также открытые торфяные и деградированные торфяные почвы объединили в один класс с фитоценозами, неперспективными для заготовки фитомассы. Тематическое картографирование модельного полигона выполнено путем пороговой обработки *VNIR* каналов спектрорадиометра *ASTER* и рассчитанных по ним индексов по схеме, показанной на рисунке 1. Выделение каждого тематического класса основано на использовании спектральных особенностей, которые отсутствуют у последующих классов, что и определяет последовательность картографирования. Использование при картографировании сомкнутой высокой древесной растительности кроме отношения *канал 2 / NDVI* также индекса *NDVI* обусловлено тем, что для лесной растительности известно его нижнее граничное значение, равное 0.6 [16]. Для более полного выделения сомкнутой высокой древесной растительности использованы совместные пороговые обработки *канала 1 ASTER* и отношения *канал 2 / NDVI*. Их применение основано на снижении коэффициента отражения растительности в видимом диапазоне по мере развития трехмерной архитектуры полога вследствие множественного рассеяния.

Определение пороговых значений *канала 1* и отношения *канал 2 / NDVI* выполнено путем интерактивного изменения их значений с проверкой результатов картографирования путем сопоставления границ тематического класса и соответствующих участков поверхности на исходном снимке *ASTER*, а также анализа заполненности получаемых участков сомкнутой высокой древесной растительности (отсутствия «дырок») для однородных участков поверхности на исходном снимке *ASTER* и снимках сверхвысокого пространственного разрешения в *Google Earth*.

Таблица 2. Результаты теста Ван-дер-Вардена для проверки различимости перспективных, неперспективных и ограниченно перспективных для заготовки фитомассы растительных сообществ (снимок 16.08.2015)

Комбинация каналов	Канал 2	Канал 3N / Канал 2	NDVI	Канал 2 / NDVI
<i>p</i> -значение	0.001204	0.001285	0.001285	0.0006684

На основе полученных нами данных о площадях фитоценозов, пригодных для заготовки энерготехнологической фитомассы, провели оценку запасов сырья на нашем модельном полигоне. Данные по надземной фитомассе тростниковых фитоценозов торфяного месторождения Докудовское взяты из работы [6], в которой они измерялись в зимнее время года на одних и тех же участках в течение двух лет. Фитомасса тростниковых фитоценозов при первом сборе равнялась 11.7 т/га сухого вещества, на второй год — 4.6 т/га сухого вещества. Указанные значения фитомассы экстраполировали на всю площадь перспективных для заготовки энерготехнологической фитомассы растительных сообществ модельного полигона (364 га) и получили на зиму 2015-2016 годов 4262 т сухого вещества (на модельном полигоне ранее не проводилась промышленная заготовка энерготехнологической фитомассы). При повторной заготовке фитомассы с модельного полигона зимой 2016-2017 годов можно было бы ожидать получение 1676 т сухого вещества.

Для расчета воспроизводимости результатов тематического картографирования перспективных для заготовки энерготехнологической фитомассы растительных сообществ по разногодичным спутниковым снимкам использован снимок спектрорадиометра *ASTER* с датой съемки 19.07.2014. Тростниковые фитоценозы на 19.07 существенно отличаются по аспекту от таковых на 16.08, поскольку для них характерна высокая сезонная изменчивость спектральных свойств [15], поэтому для используемого снимка *ASTER* выполнили все описанные выше этапы.

Радиометрическую коррекцию снимка, коррекцию расположения площадей геоботанических описаний в системе координат снимка *ASTER*, расчет и анализ диаграмм размаха и расчет теста Ван-дер-Вардена [7] выполнили аналогично снимку *ASTER* с датой съемки 16.08.2015.

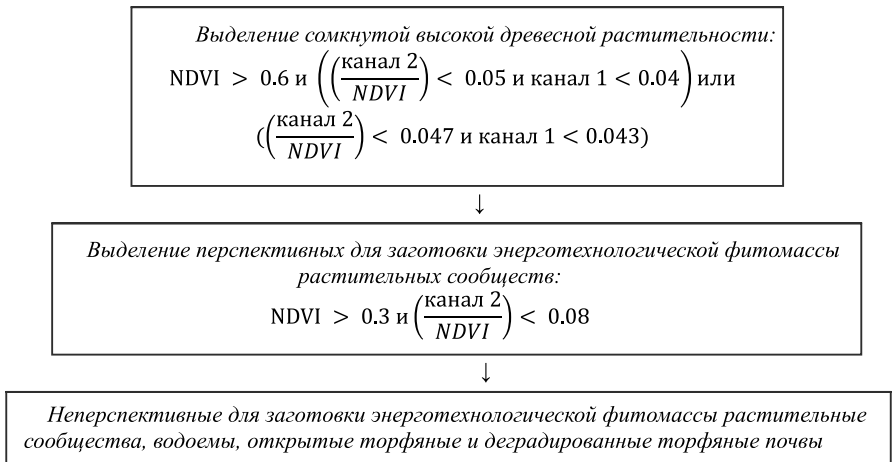


Рисунок 1. — Схема тематического картографирования перспективных для заготовки энерготехнологической биомассы фитоценозов модельного полигона по радиометрически скорректированным VNIR каналам спектрорадиометра *ASTER* (дата съемки 16.08.2015)



Диаграммы размаха показали, что наилучшее разделение трех иско-
мых классов растительности обеспечивает отношение *канал 2 / NDVI*,
поскольку оно показывает наименьшее перекрытие диапазонов своих
значений для рассматриваемых классов растительности. Результаты теста
Ван-дер-Вардена подтвердили вывод из анализа диаграмм размаха, по-
скольку отношению *канал 2 / NDVI* соответствует наименьшее *p*-значение
(табл. 3).

Определение пороговых значений комбинаций каналов, используе-
мых при тематическом картографировании перспективных, ограниченно
перспективных и неперспективных для заготовки энерготехнологической
фитомассы растительных сообществ модельного полигона, выполнили
аналогично снимку с датой съемки 16.08.2015. При выделении сомкнутой
высокой древесной растительности второе пороговое значение для *канала*
1 определено равным 0.041 (для снимка за 16.08.2015 – 0.043); при выделе-
нии перспективных для заготовки энерготехнологической фитомассы рас-
тительных сообществ пороговое значение для отношения *канал 2 / NDVI*
определено равным 0.065 (для снимка за 16.08.2015 – 0.08).

Площадь перспективных для заготовки энерготехнологической фи-
томассы фитоценозов составила 345.9 га (по снимку с датой съемки
16.08.2015 – 364 га). Получение более низкого значения площади ожида-
лось, поскольку значение отношения *канал 2 / NDVI* зависит одновременно
от количества фотосинтезирующей фитомассы и ее вертикального распре-
деления, а завершение активного прироста надземной фитомассы трост-
никовых фитоценозов происходит в Беларуси в августе. По сравнению
с использованием для данных оценок снимка с датой съемки 16.08.2015,
разница оценки площадей перспективных для заготовки энерготехноло-
гической фитомассы фитоценозов составила 5 %. Кроме разности аспекта
фитоценозов, причинами данного различия площадей являются несовер-
шенство используемого метода атмосферной коррекции, округление зна-
чения *канал 2 / NDVI* до 0.0025, поскольку имеющиеся данные не позволяли
провести дальнейшее физически обоснованное уточнение значения от-
ношения *канал 2 / NDVI* и естественное для ренатурализуемых торфяных
месторождений изменение за год площадей болотных фитоценозов.

Литература:

1. Козулин, А. В. Болота Беларуси / А. В. Козулин, Н. И. Тановицкая, Н. Н. Бам-
балов. – Минск, 2017. – 105 с.
2. Яновский, А. А. Автоматизированная оценка состояния поверхности повтор-
но заболоченных и осушенных торфяных месторождений: свидетельство о
регистрации компьютерной программы в Национальном центре интеллекту-

**Таблица 3. Результаты теста Ван-дер-Вардена для проверки
различия перспективы перспективных, неперспективных и
ограниченно перспективных для заготовки фитомассы
растительных сообществ (снимок 19.07.2014)**

Комбинация каналов	Канал 2	Канал 3N / Канал 2	NDVI	Канал 2 / NDVI
<i>p</i> -значение	0.0004283	0.000684	0.000684	0.0003254

- альной собственности Республики Беларусь № 821 / А. А. Яновский. — Оpubл. 16.10.2015.
3. Яновский, А. А. Автоматизированное тематическое картографирование поверхности нарушенных торфяных месторождений: свидетельство о регистрации компьютерной программы в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь № 816 / А. А. Яновский. — Оpubл. 16.10.2015.
 4. Chavez, P. S. An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data / P. S. Chavez // *Remote Sensing of Environment*. — 1988. — Vol. 24, No. 3. — P. 459–479.
 5. Chavez, P. S. Radiometric Calibration of Landsat Thematic Mapper Multispectral Images / P. S. Chavez // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. — 1989. — Vol. 55, iss. 9. — P. 1285–1294.
 6. Combustibility of biomass from wet fens in Belarus and its potential as a substitute for peat in fuel briquettes / W. Wichtmann [et al.] // *Mires and Peat*. — 2013. — Vol. 13, art. 6. — P. 1–10.
 7. Conover, W. J. *Practical Nonparametric Statistics*. — 3rd edition. — 1999. — New York: Wiley. — 584 p.
 8. Estimation of abundance and distribution of two moist tall grasses in the Watarase wetland, Japan, using hyperspectral imagery / S. Lu [et al.] // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. — 2009. — Vol. 64, iss. 6. — P. 674–682.
 9. Paludiculture — productive use of wet peatlands. Climate protection — biodiversity — regional economic benefits with contributions by 73 authors; eds.: W. Wichtmann, C. Schröder, H. Joosten. — Stuttgart: 2016. — 288 p.
 10. Retrieval of reed biomass based on multi-time remote sensing data: a case study on ShuangTai Estuary Nature Reserve, Panjin / C. Ailian [et al.] // *Proceedings of SPIE*. — 2008. — Vol. 7123. — P. 71230X-1–71230X-8.
 11. Retrieving aboveground biomass of wetland *Phragmites australis* (common reed) using a combination of airborne discrete-return LiDAR and hyperspectral data / S. Luo [et al.] // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. — 2017. — Vol. 58. — P. 107–117.
 12. Tichy, L. JUICE, software for vegetation classification / L. Tichy // *Journal of Vegetation Science*. — 2002. — Vol. 13, iss. 3. — P. 451–453.
 13. The construction of the remote sensing estimation models for reed biomass in the lower reaches of the Tarim River / T. Niu [et al.] // *Remote Sensing for Land and Resources*. — 2011. — Vol. 4. — P. 42–45.
 14. The Wetland Energy Project. Implementation of new concepts for wet peatland management for the sustainable production of biomass-based energy (wetland-energy) / Project registered August the 9th, 2012, №02/12/000549. — 2015. — December, Newsletter №8. — 11 p.
 15. Tuominen, J. Spectral Characteristics of Common Reed Beds: Studies on Spatial and Temporal Variability / J. Tuominen, T. Lipping // *Remote Sensing*. — 2016. — Vol. 8, iss. 3. — P. 181–199.
 16. Zhu, Z. Continuous monitoring of forest disturbance using all available Landsat imagery / Z. Zhu, C. E. Woodcock, P. Olofsson // *Remote Sensing of Environment*. — 2012. — Vol. 122. — P. 75–91.



РАЗДЕЛ 2

ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Алексютина Е. В., Тупицына Н. Б.

Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова, Беларусь

Подземные воды являются одним из источников питьевой воды не только Могилевской области, но и всей Республики Беларусь. С увеличением антропогенной нагрузки на окружающую среду происходит загрязнение сфер географической оболочки Земли, возникновение экологических проблем.

Одним из источников загрязнения подземных вод являются нитраты.

В ходе работы для исследования проб воды из колодцев был использован колориметрический метод и модифицированный метод Грисса. Данный метод позволяет в полевых методах определить содержание нитратов в воде, используя колориметрическую шкалу для сравнения.

Основными потенциальными источниками нитратного загрязнения подземных вод являются: избыточное внесение азотных удобрений и их неправильное хранение, неправильная утилизация промышленных выбросов азотистых соединений, неправильное удаление отходов и продуктов жизнедеятельности человека (за счет утечек из выгребных ям и канализационных систем, в районах полигонов твердых коммунальных отходов и полей фильтрации, приусадебных участков, скотных дворов, а также с полей фильтрации коммунальных стоков), антисанитарное состояние территории, прилегающей к водозабору.

Было проанализировано 292 пробы воды из колодцев Могилевской области. Согласно СанПиН 10-124 РБ 99 предельно допустимая концентрация нитратов в воде не должна превышать 45 мг/л. Было выявлено, что в 139 объектах из всех проанализированных имелось превышение нормы ПДК в 2 раза и более, т.е. более 100 мг/л; а пробы из 5 колодцев превышали ПДК нитратов в 10 раз. Выявить строгую закономерность содержания нитратов в образцах от степени защищенности грунтовых вод не удалось, но большинство объектов расположены на слабо или локально защищенных грунтовых водах.

Таким образом, в ходе работы было выявлено, что наиболее распространенным источником нитратного загрязнения подземных вод Могилевской области являются сельскохозяйственные поля, в малой степени на загрязнение оказывают влияние животноводческие объекты и очистные сооружения. Также на степень нитратного загрязнения вод определенное влияние оказывает степень защищенности грунтовых вод.

Необходимо совершенствование процессов внесения удобрений на поля, а также наблюдение за качеством подземных вод.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СОЗДАНИЯ КАРТ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА В ЕВРОПЕЙСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЕ CORINE LAND COVER (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»)

Барашко Е. В.

*Белорусский государственный университет, географический факультет,
г. Минск, Беларусь; e-mail: z.barashko@mail.ru*

Алгоритмы автоматизированного дешифрирования многозональных космических снимков для целей ГИС-картографирования земельных ресурсов в Республике Беларусь в настоящее время используются ограниченно. Основными проблемами, «тормозящими» развитие данного направления, являются относительно высокая стоимость снимков высокого разрешения и отсутствие необходимых стандартов классификации. Решению первой проблемы будет способствовать функционирование Белорусской системы дистанционного зондирования Земли, а второй – более широкое применение аэрокосмических технологий и разработка на их основе нормативных и методических рекомендаций.

Одним из примеров успешного проекта по классификации земельных ресурсов является программа CORINE (Coordination of information on the environment), инициированная Европейским агентством по вопросам окружающей среды. Она позволила объединить специалистов европейских стран для сбора и унификации информации о состоянии земельного фонда, повышения эффективности управленческих решений в сфере земельных отношений.

В качестве исходных данных для выполнения проекта были использованы архивы Landsat. Временной охват данных составил 2002–2016 гг. Выбор снимков из архива производился в соответствии со следующими критериями: дата съемки – в пределах периода вегетации, а облачный покров на снимке – не более 20 %. Основной единицей дешифрирования служили классы земных покрытия первого уровня, представленные в таблице 1.

На первом этапе в проект были добавлены каналы 4, 3 и 2 многозонального космического снимка Landsat. После этого была создана комбинация каналов 4-3-2 («Искусственные цвета») с помощью инструмента «Объединить каналы». Созданный растр комбинации каналов

Таблица 1 – Классы земных покрытий по номенклатуре CORINE LCC

Уровень 1
1. Искусственные поверхности
2. Сельскохозяйственные территории
3. Леса и природные поверхности
4. Болота
5. Водные объекты

в последующем был извлечен по маске национального парка «Нарочанский».

На втором этапе была осуществлена автоматизированная классификация классов земных покрытий первого уровня с помощью панели инструментов «Классификация». Эталоны были сформированы с использованием инструмента «Нарисовать прямоугольник». При формировании конкретного эталонного участка в окне «Менеджер обучающей выборки» в поле «Имя класса» записывалось его название. После формирования серии эталонных участков для одного класса земных покрытий выполнялось их объединение с помощью инструмента «Объединить обучающие выборки» в окне «Менеджер обучающей выборки». Интерактивная контролируемая классификация классов земных покрытий CLC выполнялась по методу максимального правдоподобия. Для этого использовался инструмент «Интерактивная контролируемая классификация» на панели инструментов «Классификация». Генерализация результатов автоматизированного дешифрирования была выполнена с помощью инструмента «Фильтр большинства».

На третьем этапе для выполнения оценки точности автоматизированного дешифрирования классов земных поверхностей CLC был сформирован точечный векторный слой, содержащий в себе 100 случайных точек в пределах территории национального парка «Нарочанский». Для каждой случайно созданной точки было получено значение класса земных поверхностей CLC на 2016 г. и вида земель по локальной земельной информационной системе Мядельского района (актуальность земельного фонда на 2015 г.). Итогом оценки послужила матрица ошибок. Общая точность дешифрирования классов земных поверхностей CLC на 2016 г. составила 74%. С наибольшей достоверностью были выделены сельскохозяйственный территории и водные объекты. Невысокая достоверность дешифрирования характерна для искусственных поверхностей и болот.

Сельскохозяйственные территории доминируют в структуре земельного фонда национального парка «Нарочанский» на протяжении всего периода исследования (с 2002 по 2016 гг.). Плодородие сельскохозяйственных земель национального парка невысокое (26–30 баллов), а значительная доля пашни свидетельствует об экстенсивном использовании земель. За изучаемый период 2002–2016 гг. отчетливо снижается площадь лесов. Возможно, распашка территории привела к уменьшению площади лесов. Такое предположение подтверждает и увеличение площадей сельскохозяйственных земель к 2007 г., установленное также по данным ДЗЗ.

Уменьшение площади лесов в последние годы обусловлено, прежде всего, лесозаготовительными работами. Множество ельников усыхают вследствие засухи и повреждения. Стоит отметить, что сокращение лесов в период с 2007–2016 гг., по сравнению с 2002–2007 гг., уменьшилось. В последнее время происходит активное лесовосстановление и лесоразведение. Можно предположить, что площадь лесов будет постепенно увеличиваться.

За изучаемый период происходит незначительный прирост площадей заболоченных земель. Значительная доля ранее осушенных земель ока-

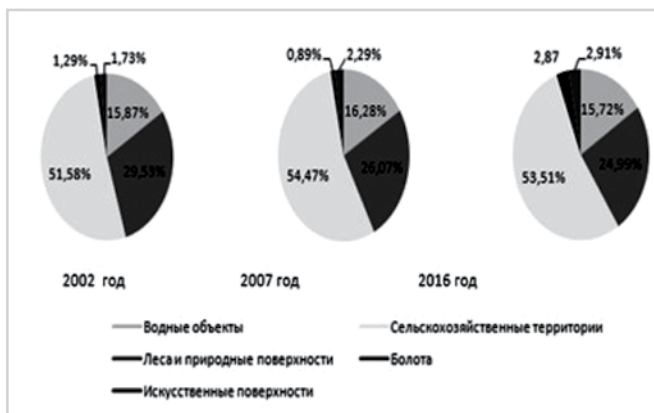


Рисунок 1 – Структура земельного фонда национального парка «Нарочанский» в 2002, 2007 и 2016 гг.



Рисунок 2 – Динамика земельного фонда (площадь даны в га) национального парка «Нарочанский» в 2002, 2007 и 2016 гг.

залась переувлажена и малопригодна для возделывания. С другой стороны, продолжается уменьшение сельскохозяйственных площадей — за счет заболачивания. Площадь водных объектов не претерпевает изменений. Изменения площади водных объектов в пределах 0,5% обуславливается погрешностью вычислений. По результатам исследования можно отметить, что происходит незначительное увеличение площади искусственных поверхностей.

Важнейшим направлением рационального землепользования следует назвать обновление сети дренажных каналов и поддержка их функционирования. Повысится эффективность использования мелиорированных земель; благодаря перераспределению стока уменьшится интенсивность линейной и плоскостной водной эрозии. Ранее переувлажненные участки

обладают плохими агротехническими свойствами, поэтому использование их под пашню возможно только в долгосрочной перспективе. Другое важное направление — предотвращение эрозии, восстановление нарушенных земель. В этом случае по ДДЗ могут выявляться участки деградации, вести наблюдение за ними, планироваться рекультивация.

Таким образом, из вышесказанного можно сделать ряд выводов:

1. Апробирована и адаптирована к белорусским условиям методика автоматизированного дешифрирования земных покрытий в европейской номенклатуре CORINE Land Cover (первый уровень) по данным съемок аппаратурой Landsat на примере территории Национального парка “Нарочанский”
2. По результатам дешифрирования выявлена динамика и структура земельного фонда объекта исследований с 2002 по 2016 гг.
3. Обозначен ряд комплексных мероприятий по оптимизации землепользования на исследуемой территории. В качестве одного из механизмов контроля за их реализацией предложено выполнение космического мониторинга земельного фонда по данным с Белорусского космического аппарата путем автоматизированного дешифрирования классов земных покрытий CORINE Land Cover.



АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БЕЛАРУСИ В СООТВЕТСТВИИ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Булынько А. Е.

*Белорусский государственный университет, географический факультет,
г. Минск, Беларусь; e-mail: bulynko-1994@tut.by*

В данной работе произведено агроэкологическое районирование Беларуси применительно к возделыванию плодовых культур по основным лимитирующим факторам среды. На основе элементарной, интервальной и экспертной оценок, математической статистики в среде ГИС определены районы, наиболее благоприятствующие закладке садов.

Карты метеорологических и агрометеорологических величин построены с учетом данных 47 метеорологических и агрометеорологических станций, вошедших в агрометеорологические ежегодники за период 1980–2010 гг. На основании данных, полученных на производственной практике в 2016 г. на базе Научно-практического центра НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству «Институт плодководства», а также данных Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и охраны окружающей среды, были составлены карты, отражающие основные закономерности хода агрометеорологических величин, лимитирующих рост, продуктивность и урожайность плодовых культур. Для построения и составления карт использовались следующие программные продукты: Microsoft Excel, STATISTICA 6, ArcGis 10.3.

Целью данной работы является разработка методологии климатического районирования, которая позволит создать систему для реализации районирования территории Республики Беларусь по степени соответствия агрометеорологических условий сортовым требованиям семечковых и косточковых плодовых культур.

Задачи данной работы:

Исследовать проблемы агрометеорологического обоснования размещения плодовых культур в определенном районе на основе анализа природных условий территории.

Разработать объективный метод агроэкологического районирования плодовых культур. В основу специализированного районирования территории Республики Беларусь по степени соответствия агроклиматических условий сортовым требованиям семечковых и косточковых культур были положены следующие показатели:

- повторяемость заморозков интенсивностью -2°C в мае в процентах от многолетней нормы (минимум температур в мае) на высоте 2 м;
- сумма осадков за период вегетации;
- сумма эффективных температур выше 5°C с нарастающим итогом за сентябрь;

- дата наступления последнего заморозка интенсивностью -2°C на высоте 2 м (базис — Брест 2.04.);
- наступление фазы цветения яблони.

В результате исследования были выделены районы с критическими условиями плодводства, районы с удовлетворительными условиями плодводства и районы с благоприятными условиями плодводства. На основании изучения климатических, почвенных и экономических данных, а главное, материалов о выращивании соответствующих сортов в перспективе можно установить районированный ассортимент для каждого выделенного района.

Литература

- 1 Коновалова, Н. В. Интерполирование климатических данных при помощи ГИС- технологий / Н. В. Коновалова, Коробов В. Б., Васильев Л. Ю. // Метеорология и гидрология. — Минск, 2006. — №5. — с. 45.



КАРТИРОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ДОРОЖНОТРОПИНОЧНОЙ СЕТИ И ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА "БЫСТРИНСКИЙ" (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА)

Бурый В. В., Лаце А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
КГБУ «Природный парк «Вулканы Камчатки»,
г. Елизово, Камчатский край, Россия*

Природный парк «Быстринский» (далее ППБ) – это самая крупная особо охраняемая природная территория на Камчатке. Площадь ППБ составляет 1 368 592 га. Создан в 1995 году, с 2010 года входит в состав КГБУ «Природный парк «Вулканы Камчатки». Парк расположен в центральной части Срединного хребта, административно находится в пределах Быстринского района Камчатского края. В целом территорию БПП можно охарактеризовать как труднодоступную, что связано с особенностями горного рельефа и растительности данной территории. В парке по настоящее время сохранилось оленеводство – традиционный вид деятельности коренных малочисленных народов Севера – эвенков и коряков.

В момент создания ППБ, на его территории отсутствовала сеть туристических маршрутов, которая существовала на территории других природных парков, созданных в то же время (например, природный парк «Налычево»), и объектов инфраструктуры (домиков, беседок, мостовых переходов и др.). Только в 2001 году началось строительство объектов инфраструктуры в центральной и юго-западной части парка, где была сформирована сеть туристических троп на основе существующей системы троп и дорог, используемых местным населением.

В 2012 году нами было начато планомерное флористическое изучение территории. Основная часть экспедиционных работ проходила в отдаленных от центральной части природного парка районах, которые ранее очень редко или никогда не посещались сотрудниками парка. В ходе подготовки к полевым работам и далее в ходе работ проводился сбор информации по существующей системе троп и дорог. Актуальность этой информации была важна не только для целей научного изучения территории, но и с точки зрения рекреационного развития парка и проведения природоохранных мероприятий.

Были выделены следующие категории для картирования: домики (оленьеводческие, охотничьи, геологические и др.); дороги (вездеходные, тракторные и др.); тропы (конные).

Для домиков на территории ППБ фиксировалась информация по их местоположению, возможности использования в разные сезоны года и

степень сохранности на момент последнего посещения. Всего на территории парка отмечено 36 домиков.

Вездеходные дороги фиксировались частично в ходе полевых работ. Для отрисовки основного количества дорог использована программа SASPlanet Ver. 14 и общедоступные спутниковые снимки (Landsat, BingMap и др.).

С оленеводством связано развитие широкой сети троп, которые повторяют направления кочевок оленеводов. Оленеводческие бригады, которых на территории ППБ в настоящий момент 6, находятся в постоянном движении на протяжении всего года по сложившимся за многие годы маршрутам. В апреле 2015 года были начаты картирование маршрутов движения и мест стоянок оленеводов с использованием спутниковых трекеров, которые позволяют дистанционно получать точную информацию о местоположении и направлении движения прибора. На основе данных трекеров построены рабочие карты маршрутов движения и стоянок 5 оленеводческих бригад. По данным на конец марта 2017 г. с помощью трекеров зафиксировано 173 стоянки, в том числе 93 — на территории ППБ. Максимальная протяженность маршрутов всех оленеводческих бригад, зафиксированная в течение одного года, составляет около 1200 км.

Работы по картированию в настоящее время продолжаются.



СОЗДАНИЕ ГИС ОБЪЕКТОВ ООПТ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ГОРОДА БАРНАУЛА

Бурым Р. Д.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Алтайский государственный университет»,
г. Барнаул, Российская Федерация, географический факультет*

Парки, скверы, Барнаульский ленточный бор, а также другие объекты являются неотъемлемой частью территории города Барнаула. Данные объекты — часть планировочной структуры и представляют собой важнейший компонент природной среды урбанизированной территории Барнаула.

Эти «зелёные острова» в плотной городской застройке играют важную роль не только для человека, но и других обитателей города, животных и растений. В парках и скверах возможно сохранение биологического разнообразия, которое распространилось в прошлом на нынешней городской территории, также подобные объекты могут сохранять естественный ландшафт. Но, с условием, если не будет оказано значительное антропогенное влияние на территорию. Также стоит отметить, что в подобных объектах возможно получение знаний и представлений о биологическом разнообразии территории города — это расширяет кругозор как детей, так и взрослых.

Примером может стать Барнаульский ленточный бор, часть которого начинается на территории города Барнаула и Барнаульского городского округа. Барнаульский ленточный бор — это светлохвойный реликтовый лес в Алтайском крае, протяжённость которого составляет около 550 км в направлении с северо-востока на юго-запад Алтайского края. Как объект ООПТ бор содержит виды представителей растительного и животного мира, занесённые в Красные книги различного уровня. Что же для человека, Барнаульский ленточный бор — излюбленное место горожан. Летом и в межсезонье он служит местом активного отдыха: велоспорт, бег, пешие прогулки и прочее; зимой — катание на лыжах и пр. Стоит отметить, что в бору проходит так называемая «Лыжня здоровья», на которой в зимнее время проходят крупные соревнования по зимним видам спорта; кроме того, на территории бора в пределах городской черты находятся базы отдыха, санатории, больницы, летние детские лагеря и другие объекты культуры, здравоохранения и отдыха.

Для понимания всех процессов, происходящих в Барнаульском ленточном бору и подготовки рекомендаций по его сохранению и рациональному использованию, а возможно и созданию ООПТ местного значения, — была создана ГИС в программном обеспечении ArcGIS.

В состав ГИС на сегодня включены следующие слои:

- дорожно-транспортная сеть;
- застройка;

- граница города Барнаул;
- гидрографическая сеть;
- границы Барнаульского ленточного бора;
- объекты, входящие в состав Барнаульского ленточного бора по категориям;
- растры (космические снимки).

К каждому объекту привязаны фотоматериалы.

Созданная ГИС поможет:

- провести инвентаризацию объектов предполагаемой ООПТ местного значения;
- дать характеристику объектам указанной ООПТ на урбанизированной части территории Барнаула;
- разработать предложения для управленческих решений по оптимизации природоохранных усилий при использовании различных объектов в границах Барнаульского ленточного бора.



ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННОГО РЕЛЬЕФА НА ПРИМЕРЕ НП «НАРОЧАНСКИЙ»

Даглиц В. Ю., Сазонов А. А., Федорович Е. Д.

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

На современном этапе развития географической науки все большее значение приобретают географические информационные системы, с помощью которых возможен более оперативный и глубокий анализ изучаемых процессов и явлений, визуализация пространственной информации на качественно новом уровне.

Широкое применение современные ГИС-технологии получили в изучении рельефа. Инструментальные возможности ГИС позволяют подойти к визуализации геоморфологических объектов и процессов на более высоком качественном уровне, анализировать первичную основу, которой являются ДДЗ. Также сюда можно отнести моделирование процессов.

Данная работа посвящена именно этой тематике – применению ГИС-технологий в изучении рельефа. Основной целью работы было описание возможностей использования локальных земельных информационных систем при изучении рельефа, в частности антропогенно-трансформированного. Исследования проводились на примере территории Национального парка «Нарочанский».

В задачи исследования входили:

- составление карт расположения различных типов техноморф на территории НП «Нарочанский» – с помощью программных возможностей программы ArcGIS на основе локальной ЗИС Мядельского района.
- составление картограмм плотности расположения техноморф на территории НП «Нарочанский» с помощью инструментов программы ArcGIS.

Техногенный рельеф – это формы поверхности, возникающие в результате производственной деятельности человека (карьеры, тоннели, каналы, насыпи, отвалы и др.). Теоретической базой исследования стала классификация техногенного рельефа С. Ф. Савчика по системным признакам, которая позволяет определить типы техногенного рельефа – т.н. техноморфы.

Работы по составлению карт техноморф велись на основе локальной ЗИС Мядельского района в пределах границ Национального парка «Нарочанский».

Классификация техноморф производилась следующим образом. В таблице атрибутов слоя ЗИС «Land» было сформировано новое поле «Техногенный рельеф», в которое заносились данные о типах техноморф. На основании выборки по атрибутам формировался SQL-запрос к атрибутив-

ному полю «LandCode», осуществлялась выборка подтипов земель, относящихся к тому либо иному типу техноморф, затем формировалась запись в новом поле «Техногенный рельеф». Результаты выборки уточнялись по космическим снимкам Landsat и БКА. Таким образом были построены карты расположения техноморф в соответствии с используемой классификацией.

Следующим этапом исследования стал расчет плотности техноморф в пределах Национального парка «Нарочанский». Построена картограмма плотности расположения техноморф в пределах парка, т.е. определены зоны наибольшей и наименьшей техногенной нагрузки на данную территорию. Установлено, что общая площадь техноморф составляет 2744,6 га или 2,9 % территории парка. Из них наибольшую долю составляют техноморфы транспортных коммуникаций (1477 га), и субстратных поверхностей (540 га). Выявлено, что наибольшая плотность техноморф характерна для территорий населенных пунктов, где она составляет более 16 га/км² (рисунок 1).

Также важно было установить распространение техноморф в контексте генетических типов рельефа. Выяснено, что наибольшее соотношение площади техноморф к площади естественного рельефа приходится на моренные равнины (более 4 % техноморф) и конечно-моренные возвышенности (около 3,5 %), наименьшее соотношение – на озерных террасах и озерно-аллювиальных равнинах (1,7% и 2,1 % соответственно).

Рассматривая распространение техноморф в контексте функционального зонирования национального парка, выявлена четкая дифференци-

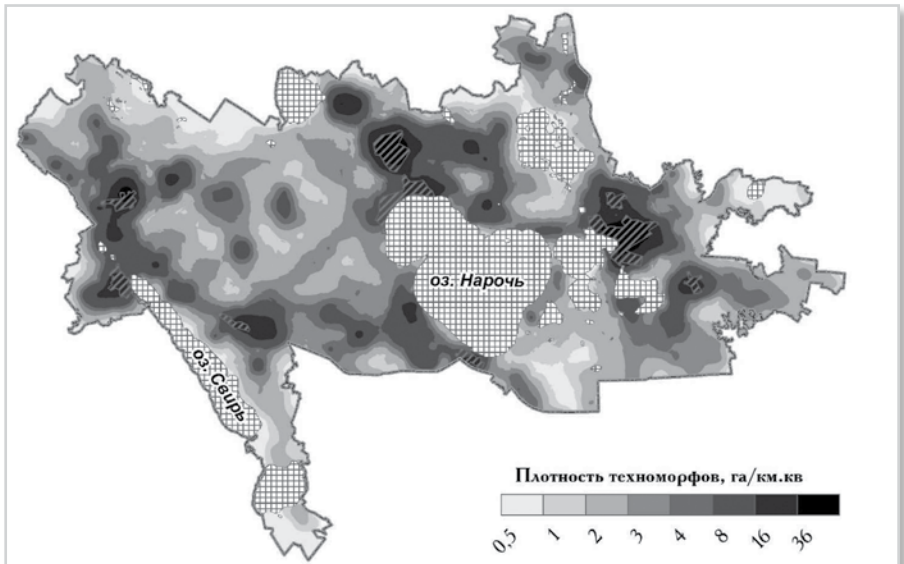


Рисунок 1 – Дифференциация плотности распространения техноморф на территории НП «Нарочанский».

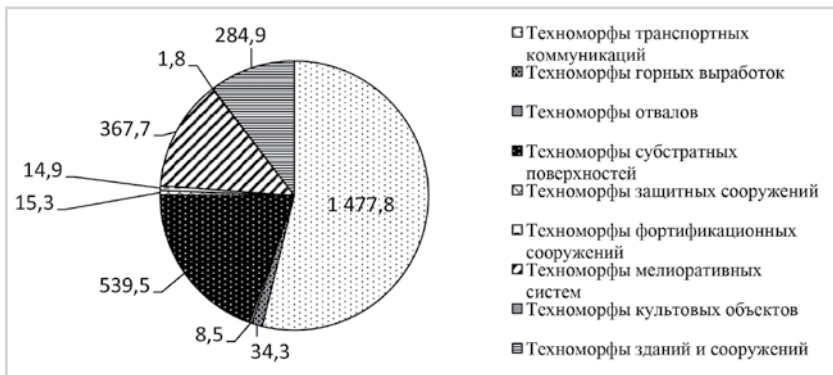


Рисунок 2 — Распределение площадей (в га) различных типов техноморф на территории Национального парка «Нарочанский»

ация антропогенной нагрузки в зависимости от режима использования территории. Так, в зонах регулируемого использования, внутренней охранной зоне и заповедной зоне техноморфы составляют менее 1 % территории. В хозяйственной и рекреационной зонах эта доля возрастает до 4 %, а во внешней охранной зоне — до 15 %.

АТЛАСНОЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»)

Дмитриева Е. В.

*Белорусский государственный университет, географический факультет,
г. Минск, Беларусь; e-mail: lise.dmitrieva@mail.ru*

Области применения геоинформационных систем чрезвычайно разнообразны. Одним из направлений их широкого использования является сфера тематического картографирования, охватывающая создание не только отдельных карт, но и таких сложных картографических произведений, как атласы, в том числе и региональные. Региональный геоинформационный атлас способствует сбору, изучению и анализу большого объема информации для определенной территории и носит научно-справочный характер.

Основная цель настоящего исследования — изучить основные возможности атласного ГИС-картографирования на примере Национального парка «Нарочанский».

Для создания тематических карт регионального атласа национального парка «Нарочанский» был использован программный продукт ArcMap 10.2. Технология создания ГИС-атласа представляла собой три этапа: подготовительный этап, этап составления карт и этап компоновки.

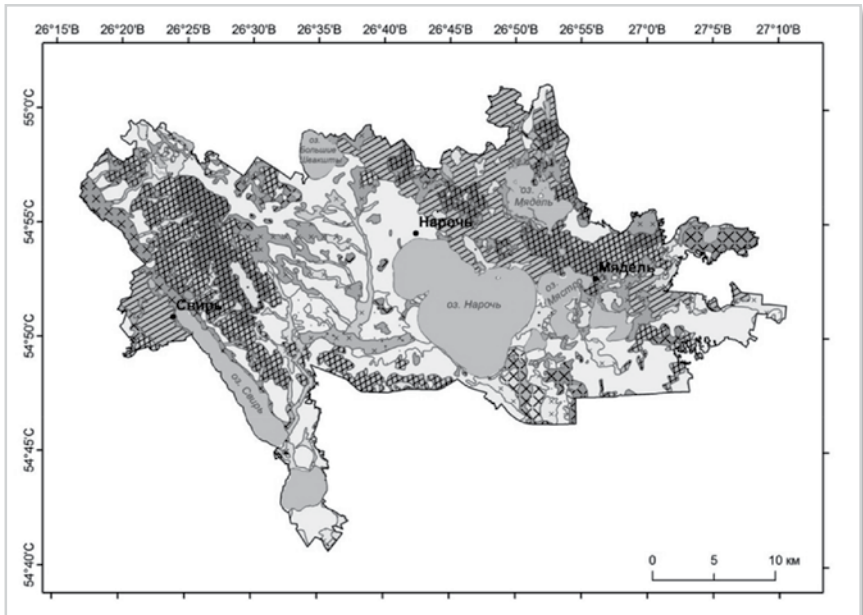


Рисунок 1 – Карта ландшафтов

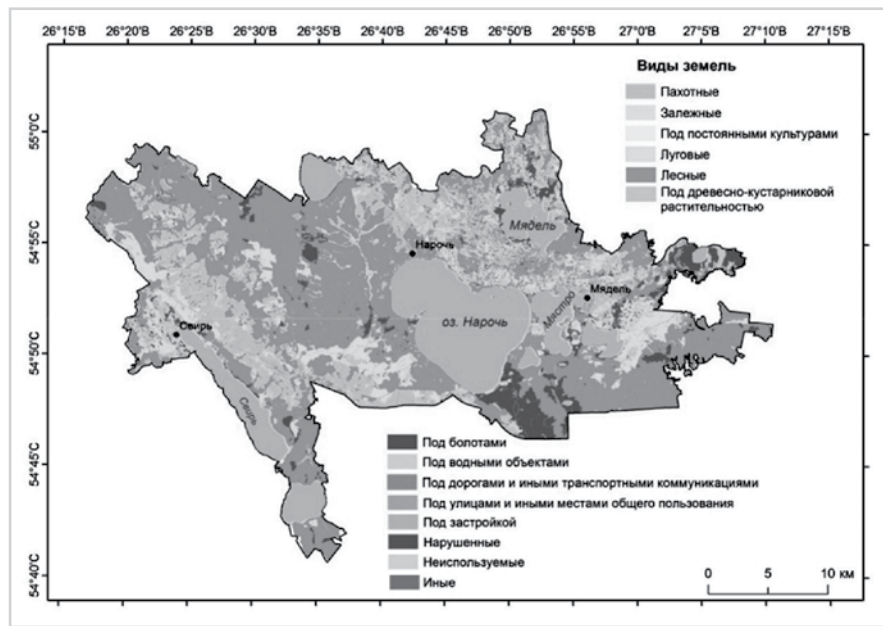


Рисунок 2 – карта видов земель

По итогам работ в среде ГИС нами были созданы и оформлены девять тематических карт территории национального парка «Нарочанский»: гипсометрическая карта, карта уклонов, карта экспозиции склонов, карта гидрографии, почвенная и ландшафтная карты, карта растительности, карта видов земель и карта функционального зонирования. Исходные векторные данные для работы были предоставлены научным отделом Национального парка.

Созданный ГИС-атлас носит туристско-рекреационный характер. Он ориентирован на научное и природоохранное применение. Атлас опирается на подробные, достоверные и точные пространственные данные. Создание атласа направлено на обобщение современной информации о Национальном парке «Нарочанский» (природе, ресурсах, экологии, а также предпосылках и перспективах устойчивого развития).

ГИС-АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОД ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ

Зенькова С. М.

*Белорусский государственный университет, географический факультет,
г. Минск, Беларусь; e-mail: hikari101@yandex.ru*

Озера являются важной частью природной среды Беларуси, имеют большое рекреационное, природоохранное и хозяйственное значение, в них сосредоточены большие запасы разнообразных ресурсов (водных, биологических и т.д.). Озеро как экосистема включает донные отложения, которые имеют определенный химический состав, биокомпонент с параметрами биологического круговорота, трофности, специфические для данного водоема, и воды, характеризующиеся набором геофизических и геохимических параметров. Все они взаимосвязаны и взаимообусловлены. Для более точного понимания процессов, происходящих в озерных экосистемах, необходимо изучение их геохимических особенностей [1].

Актуальной проблемой исследований вод озер является изучение их как индикаторов зональной специфики формирования качества вод, развития антропогенно-индуцированных процессов в водах, а также изменений окружающей среды, происходящих в современный период. Целью работы является изучение геохимических особенностей вод озерных экосистем Беларуси. Объектом исследования являлся химический состав вод озер и водохранилищ Беларуси.

В ходе работы были использованы программные продукты ArcMap 10.3 и Microsoft Excel. ГИС-технологии применялись с целью создания карт, отражающих изменения ионного состава вод озер Беларуси, рядов водной миграции элементов, минерализации вод. Первоначальным этапом была расстановка точек мониторинга на карте Беларуси. Для этого были использованы данные Национальной системы мониторинга окружающей среды и физическая карта Национального атласа Республики Беларусь. В перечень объектов включены 50 озер разных генетических типов.

С помощью инструмента "Калькулятор поля" рассчитываем коэффициенты водной миграции и содержание ионов в эквивалентной форме. Для количественного выражения миграционной способности элементов Перельманом А. И. (1956) был рассчитан специальный геохимический показатель – коэффициент водной миграции k_x . Он рассчитывается как отношение содержания элемента в водах (%) к содержанию элемента в породах, дренируемых этими водами (%):

$$k_x = \frac{100 \times m_x}{a \times n_x}$$

m_x – содержание элемента в воде (г/л), n_x – содержание элемента в породе (литосфере) (%), a – минерализация вод (г/л); $(100 \times m_x)/a$ – содержание элемента в воде (%) [2].

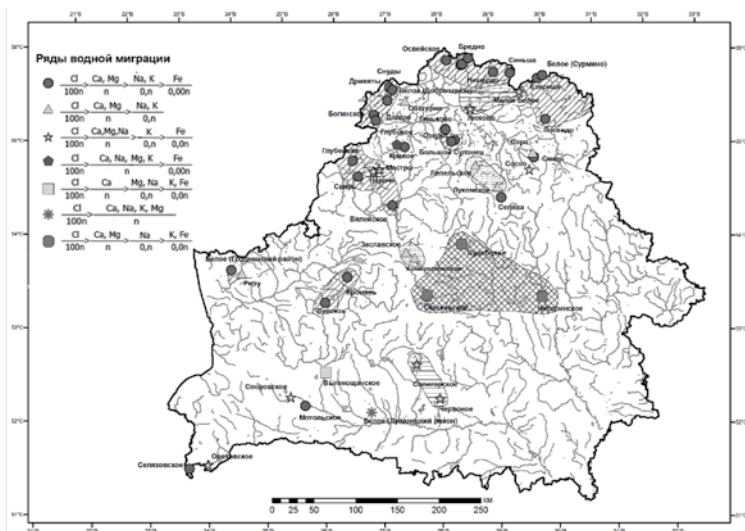


Рис. 1. Карта интенсивности водной миграции элементов в озерах Беларуси

Была выполнена систематизация озер по интенсивности водной миграции элементов. Для этого в Microsoft Excel построены ряды водной миграции элементов. По полученных данным была создана карта интенсивности водной миграции химических элементов в озерах.

Для большинства исследуемых озер характерен следующий ряд водной миграции:

$$\frac{\text{Cl}}{100n} > \frac{\text{Ca, Mg}}{n} > \frac{\text{Na, K}}{0,n} > \frac{\text{Fe}}{0,00n},$$

где самую высокую интенсивность водной миграции имеет хлор ($k_x=10n-100n$), он относится к высокоподвижным мигрантам, так как слабо вовлекается в биологический круговорот, и нет механизмов, которые бы задерживали хлор в ландшафтах (например, таких, как геохимические барьеры). Са и Mg относятся к легкоподвижным мигрантам ($k_x = n$), которые частично выносятся за пределы ландшафта, но благодаря активному участию в биологическом круговороте (т.к. относятся к биофильным элементам), их содержание в ландшафтах (в т.ч. — в водах) достаточно высокое. К и Na относятся к подвижным мигрантам ($k_x=0,n$), Fe — к слабоподвижным (или инертным) мигрантам. Большая часть озер, для которых характерен такой ряд водной миграции, сосредоточены на севере Беларуси (Освейское, Бредно, Синьша, Езерище и т.д.).

Ряд водной миграции для озер Мястро и Нарочь (Нарочанская группа водоемов) имеет следующий вид:

$$\frac{\text{Cl}}{100n} > \frac{\text{Ca, Mg, Na}}{n} > \frac{\text{K}}{0,n} > \frac{\text{Fe}}{0,00n}$$

Он отличается от предыдущего положением Na в группе легкоподвижных мигрантов, что может быть обусловлено региональными геохимическими особенностями.

Обособляется по интенсивности водной миграции группа озер центральной Беларуси (Судобле, Чигиринское, Сергеевское), для которых калий, так же, как и железо, относятся к слабоподвижным или инертным мигрантам.

Для характеристики ионного состава вод проводится определение содержания 7 основных ионов (7-компонентный состав): катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионы HCO_3^- (гидрокарбонат – ион), SO_4^{2-} (сульфат – ион), Cl^- (хлорид – ион). Результаты анализа выражают в мг/л (г/л, мг/дм³).

$$\frac{\text{мг-экв}}{\text{л}} = \frac{\text{концентрация иона (мг/л)} \times \text{валентность иона}}{\text{ионный вес}}$$

Было рассчитано содержание ионов в эквивалентной форме, что позволило провести сравнительный анализ химического состава вод. По химическому составу преобладают воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, в том числе – и в Нарочанских озерах.

Была создана карта дифференциации озер по химизму вод. С помощью ГИС-анализа выделены группы озер со схожим химическим составом воды, они показаны на карте цветом. Наиболее распространенными по химическому составу являются воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и гидрокарбонатные кальциевые.

Составлены формулы Курлова, которые являются лаконичной формой записи химического состава вод, что удобно при вынесении их на карты и профили. Формула представляет собой дробь, в числителе которой записаны анионы в порядке убывания их процент-эквивалента, в знаменателе – катионы по такому же принципу. В нее включаются лишь ионы, содержание которых ≥ 5 %-экв. Перед дробью ставится минерализация вод в г/дм³.

Формула Курлова, например, для озера Нарочь:

$$0,19 \frac{\text{HCO}_3 (23)}{\text{Ca (30), Mg (27)}}$$

Название воды: гидрокарбонатная магниевые-кальциевая.

Также была построена карта распределения минерализации вод по озерам. Все проанализированные воды озер относятся к двум семействам: ультрапресных и пресных вод. Ультрапресные сконцентрированы на севере, северо-западе и частично – на юге Беларуси, все остальные регионы относятся к пресным. Важным фактором дифференциации вод озер по минерализации является антропогенный фактор, но этот вопрос необходимо изучать глубже.

Литература

1. Лопух П.С., Якушко О.Ф. Общая лимнология: пособие для студентов геогр. фак. – Минск: БГУ, 2011.
2. Смыкович, Л. И. Геохимия: водная миграция: практикум для студентов специальностей. – Минск : БГУ, 2015. – 21 с.



ИЗУЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАКРОФИТОВ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

Игнатовская И. Г.

*Белорусский государственный университет, географический факультет,
г. Минск, Беларусь; e-mail: ignatovskaya.irina@mail.ru*

В Беларуси водные экосистемы являются элементами природной среды, по отношению к которым техногенное химическое воздействие проявляется весьма значительно. Для эколого-геохимической оценки состояния водных объектов следует использовать данные о накоплении химических элементов в высшей водной растительности

Способность макрофитов накапливать химические элементы положена в основу мониторинга за состоянием высших водных растений, а также среды их произрастания. Производить качественный мониторинг в XXI веке необходимо с применением геоинформационных систем, так как они помогают оценивать пространственное размещение пунктов мониторинга, устанавливать закономерности и производить самый разнообразный анализ геохимических особенностей той или иной территории.

Таким образом, целью работы является изучение геохимических особенностей макрофитов Беларуси с использованием ГИС. В ходе выполнения работы были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть макрофиты как индикаторы экологического состояния систем;
- выявить химическое загрязнение высшей водной растительности рек и озёр Беларуси;
- исследовать геохимические особенности макрофитов и применить возможности ГИС для их изучения.

В среднем для макрофитов водных объектов Беларуси характерно повышенное содержание марганца (выше данных по литературным источникам в 1,5 раз) и ванадия (выше в 3,5 раз). Аномально высокие концентрации микроэлементов в растениях позволяют выявить объекты, подверженные антропогенному воздействию.

Среди веществ, которые попадают в воды, особое внимание заслуживают тяжелые металлы (ТМ). Они активно включаются в миграционные циклы и аккумулируются в макрофитах. Среди источников поступления тяжелых металлов в водоёмы и водотоки выделяются группы природного и антропогенного происхождения.

Для изучения геохимических особенностей макрофитов была создана база геоданных и выполнена её актуализация. В качестве базовой принята географическая система координат WGS 1984. Она содержит векторную пространственную основу, точечные классы пространственных объектов, содержащие информацию о пунктах мониторинга озёр и рек («lakes_monitoring» «rivers_monitoring»), слой «lakes», слой «rivers». Была создана

геометрическая сеть, состоящая из ребер и соединений, которая дает возможность отслеживать связность сети и проводить анализ потока в сети, обеспечивать специальную функциональность редактирования. Созданная геометрическая сеть позволила создать иерархическую систему объектов гидрографии, которая содержит в себе сведения о направлении течения рек. В качестве цифровой модели рельефа использовались данные радарной интерферометрической съемки поверхности земного шара SRTM.

Выявление особенностей накопления тяжелых металлов в водной растительности водоемов и водотоков Беларуси целесообразно изучать в зависимости от характеристик их водосборных бассейнов. Так появилась необходимость выделения локальных водосборов. Выделение локальных водосборов осуществлялось с помощью ГИС-технологий на основе цифровой модели рельефа. Для построения водосборной области в среде ArcGIS 10.3 использовалась линейка инструментов «Гидрология», модуля пространственного анализа Spatial Analyst. Но следует отметить, что данный инструмент является несовершенным. На полученной карте получилось много ошибок. Имеются области, где несколько рек попали в общий локальный водосбор, некоторые реки одновременно принадлежат отношению к нескольким водосборам, не везде выделяется водосбор главной реки, рядом с границей Беларуси водосборы почти не построились. Исправление всей сети локальных водосборов является весьма трудоёмким процессом, но он очень важен для продолжения работы не только в этой области. Усовершенствование сети водосборов является перспективной задачей на следующий год.

Для более подробного рассмотрения геохимических особенностей макрофитов были выбраны области водосборов рек Ушача, Оболь, Ула, Полота. На исследуемой территории находится 10 пунктов мониторинга. Для интегральной оценки степени загрязнения водоёмов рассчитан индекс содержания тяжелых металлов в растениях, который представляет собой суммарное отношение величины коэффициентов концентрации (накопления) элементов к числу элементов.

Для анализа были выбраны растения, которые чаще всего встречаются на территории, на которой находятся пункты мониторинга: тростник обыкновенный, кубышка жёлтая, рдест блестящий (рисунок 1).

Так, большинство исследованных озёр считаются незагрязненными, кроме водоемов Езерище, Лепельское и Большой Супонец. Расположение наиболее загрязненных озёр свидетельствует о том, что они лежат на пути переноса загрязненных воздушных масс и вблизи крупных промышленно-городских агломераций.

На территории Национального парка «Нарочанский» находится 4 пункта мониторинга: Нарочь, Свирь, Мясстро, Глубелька. По данным мониторинга были рассчитаны индексы накопления для тростника обыкновенного и харовых водорослей, которые характеризуются максимальными средними содержаниями большинства изучаемых микроэлементов по республике в целом.

Так содержание тяжелых металлов в тростнике варьирует от менее 0.1 до 0.28. Если сравнить эти показатели с показателями первой исследуемой



территории, то следует отметить, что они значительно ниже (на первом максимальные значения достигали 5.5). Это свидетельствует о том, что по результатам оценки индекса содержания тяжелых металлов тростника озера парка можно отнести к очень чистым озерам. Но если рассматривать харовые водоросли, которые характеризуются максимальными средними содержаниями большинства изучаемых микроэлементов, то индексы содержания тяжелых металлов в них варьируют от 0.6 до 2.78. Причем озера Нарочь и Глубелька относятся к чистым и имеют индексы накопления тяжелых металлов 0,6 и 0,64 соответственно. Озеро Мястро относится к группе умеренно загрязненных, индекс содержания тяжелых металлов в нём составляет 2.78. Повышенное содержание металлов в озере Мястро по сравнению с другими исследуемыми озёрами обусловлено близостью крупного населенного пункта – города Мяделя.

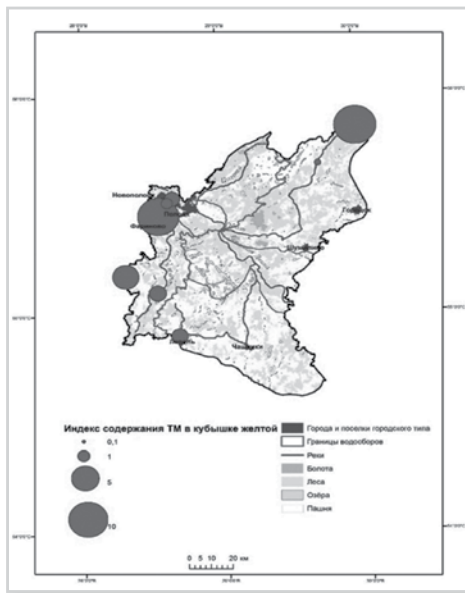


Рисунок 1– Картосхема содержания тяжелых металлов в кубышке желтой локальных водосборных областей притоков Западной Двины: Полота, Оболь, Ушача, Ула

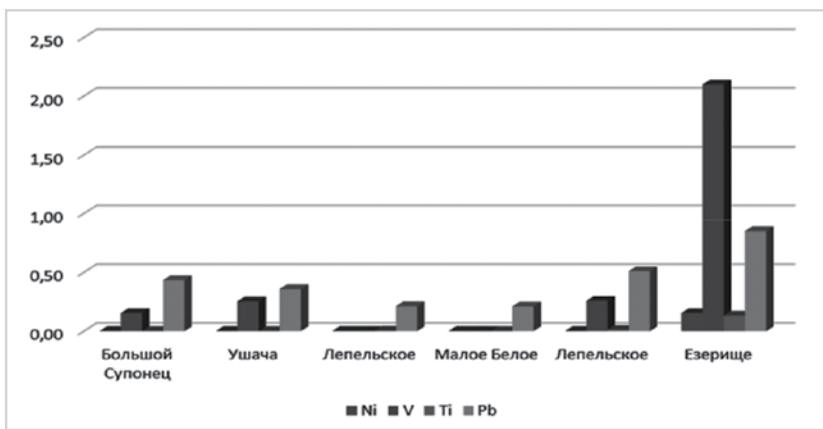


Рисунок 2 – Коэффициент биологического поглощения тростника обыкновенного водных объектов локальных водосборных областей притоков Западной Двины (Полота, Оболь, Ушача, Ула)

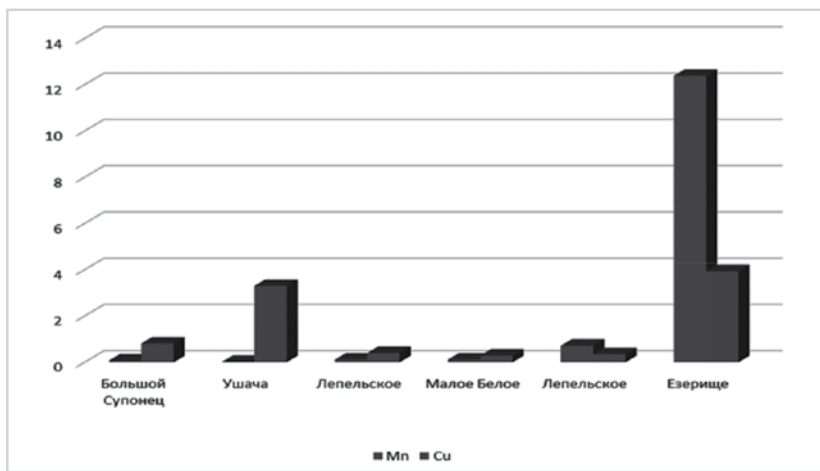


Рисунок 3 – Коэффициент биологического поглощения тростника обыкновенного водных объектов локальных водосборных областей притоков Западной Двины (Полота, Оболь, Ушача, Ула)

Так как макрофиты избирательно поглощают и накапливают химические элементы в своих телах, то для изучения особенностей накапливания различных тяжелых металлов был рассчитан коэффициент биологического поглощения тростника обыкновенного, кубышки желтой и рдеста блестящего. Данный коэффициент является важным при рассмотрении вопросов, связанных с биогенной миграцией химических элементов (рисунок 2, рисунок 3).

Выявлено, что на исследованных пунктах мониторинга чаще всего и наиболее активно накапливается медь, марганец и свинец, также слабо накапливается ванадий. Самые большие коэффициенты биологического накопления характерны для озер Езерище и Большой Супонец а также участка реки Ушача вблизи Новополоцка.



ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЛЕДОВ БУРОГО МЕДВЕДЯ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА РУССКИЙ СЕВЕР

Макарова Е. А.

ФГБУ «Национальный парк «Русский Север»,
Российская Федерация, г. Кириллов

Актуальность: данная тема достаточно актуальна, так как Национальный парк "Русский Север" является особо охраняемой природной территорией, где ведется мониторинг растительного и животного мира.

Медведь бурый (*Ursus arctos*) является самым крупным представителем животного мира на территории парка, с массой тела до 300 кг.

Целью работы является визуализация данных следового учета бурого медведя на территории Национального парка "Русский Север" с использованием геоинформационных систем (ГИС).

Основные задачи этой работы – произвести учет численности медведя и составить карту-схему распространения данного вида.

Объект исследования: медведь бурый (*Ursus arctos*).

Методы исследования: абсолютный видовой комбинированный учет медведя на территории парка проводится с использованием методики Пажетнова В. С. [1] с 2012 года. Данный учет бурого медведя включает в себя несколько критериев: по выходу из берлог, по карточкам встреч, на кормовых полях, маршрутный следовой. Этот учет позволяет вести мониторинг данного животного весь активный период жизнедеятельности и дает наиболее достоверную информацию о состоянии популяции на всей территории национального парка. В карточке обязательно указывается расстояние в км от места регистрации до ближайшего населенного пункта, с ориентацией направления по сторонам света. При учете целесообразно отмечать место регистрации в координатах с помощью навигатора, использующего всемирную географическую систему WGS-84.

Для подсчета особей данного животного и обработки материалов Национальный парк "Русский Север" использует лицензионную программу ArcGIS версии 10.1.

Полученные результаты: всего при проведении учета в 2016 году на кормовых полях отмечено 89 визуальных встреч. При проведении учета по карточкам встреч зафиксировано 7 визуальных встреч, следовых наблюдений – 24. При проведении маршрутного следового учета на 12 учетных маршрутах зафиксирован 31 след. Используя размерность отпечатка, определяем пол и возраст каждой особи бурого медведя.

В ГИС отмечались точки места обнаружения следа и места встреч бурого медведя на всей пригодной для обитания территории в границах национального парка – 152 тысячи га.

Для этого на начальном этапе создается проект, в который подгружается растр (карта), привязанная в определенной системе координат –

WGS-84, в поперечно-цилиндрической проекции Меркатора, зона 37 северной широты. Выгружаем координаты встреч из GPS-навигатора через программу BaseCamp (или MapSource) в формате grx. Из формата grx с помощью инструмента ArcGIS переводим их в shp-файл. Для каждой точки заносятся данные в атрибутивную таблицу — такие, как привязка к ближайшему населенному пункту, ФИО учетчика, ширина лапы, пол, возраст. Если с самкой замечены детеныши, отмечалось их количество. Для большей наглядности карты, каждый символ (кружок), отображающий особь (след) медведя, в зависимости от пола и ширины лапы (т.е. возраста) имеет различную размерно-цветовую градацию. Чем больше размер лапы, тем больше символ (кружок), а так же изменяется цвет, исходя из категории животного (пол не определен — зел., сеголеток — роз., лончак — жел., пестун — кор., самец — син., самка — кр.). Также в кружок проставляется зарегистрированная ширина мозоли передней лапы. Это делается через свойства слоя.

Далее проводится анализ полученных данных. Сомнительные или повторяющиеся данные выбраковываются. Например, если в радиусе 7 — 10 км встречено два следа одинаковой размерностью, то, скорее всего, это — одна особь.

Таким образом, численность бурого медведя на территории парка в 2016 г. составляет 112 особей.

Таблица 1 — Динамика половозрастной структуры популяции бурого медведя

ГКод учета	Всего учтено, особей	Самок	Сеголетков	Двухлетки	Взрослые одиночные, пол не определен
2014	96	12	14	7	63
2015	110	16	22	9	63
2016	112	15	29	9	59

Факторами, определяющими размещение медведя, являются кормовые и защитные свойства угодий. Стации обитания медведя — сплошные лесные массивы, старые смешанные леса с буреломом, болотами. В 2016 году из-за особенностей учета наибольшая численность бурого медведя была зафиксирована в центральной части парка.

Животные (взрослые самцы в возрасте от четырех лет) были зафиксированы в юго-западной, юго-восточной и центральной части парка.

Выводы: выполнена работа по учету медведя, составлена карта встреч с помощью ГИС.

1. Данилов П. И. Бурый медведь и оценка его численности в Европейской тайге / К. Ф. Тирронен, В. В. Белкин, Д. В. Панченко, Ф. В. Федоров. — П: Петро-Пресс, 2014. — 59 с.
2. Пажетнов В. С. Бурый медведь. — М: Агропромиздат, 1990. — 214 с.



ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Новиков А. В., Тищук Д. А.

*Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина,
г. Брест, Беларусь*

Памятники природы (ПП) являются небольшими по площади, а часто точечными особо охраняемыми природными территориями, в результате чего их изучению, картографированию, а также использованию уделяется недостаточное внимание. Таким образом, в настоящем исследовании приводится опыт ГИС-картографирования ПП Брестской области с использованием настольных и облачных технологий ESRI.

Выполнение карт, картосхем и web-приложений выполнялось с использованием созданных баз данных (БД) Microsoft Excel и Access. Разработка БД велась на основе картографического материала (крупномасштабные карты Брестской области и административных районов, карты ООПТ Брестской области, карты и картосхемы землепользователей и лесхозов и т.д.) а также статистического (электронный реестр ООПТ Беларуси и др.). На основании собранного и обработанного материала было составлено несколько БД на уровне отдельных ПП, а также распространения ПП в пределах административных районов области.

ГИС «Памятники природы Брестской области» созданный с использованием настольных продуктов ESRI включает два базовых проекта, существенно отличающихся друг от друга по целям, содержанию, а также методам и технологиям создания:

1. Проект «Памятники природы», который включает точечный слой ПП области с привязанной к нему БД. Использование данного слоя и привязанной к ней базы данных дает возможность создания разных типов тематических карт, например, ПП разных категорий (республиканские или местные) либо видов (ботанические, гидрологические, геологические). Кроме того, возможно создание оценочных картосхем с использованием типов легенды «Цветовая шкала», «Масштабируемый символ» и «Уникальное значение» например, распределение ПП по площади, году создания и др.

2. «Памятники природы административных районов» состоит из слоя «Районы Брестской области» с прикрепленной к нему базой данных, содержащей информацию о площадях и количестве памятников природы разных категорий и видов в пределах районов. В данном проекте можно создавать картосхемы особенностей распространения отдельных категорий и видов памятников природы в пределах районов с использованием типов легенды «Цветовая шкала» и «Локализованная диаграмма».

Web-приложения «ПП Брестской области» выполнены с использованием шаблонов ArcGIS Online «Story map tour» и «Story map shortlist». Содержание разработанных web-приложений во многом повторяет друг

друга, однако применение разных шаблонов позволяет более полноценно представить ПП на карте области. Так, приложение выполненное с использованием шаблона «Story map tour» позволяет увидеть одновременно местоположение всех ПП на карте области, в то время как в приложении «Story map shortlist» на каждом листе карты можно увидеть только ПП одной категории и вида (например, ботанические ПП республиканского значения и др.). Кроме того, описания ПП в первом приложении являются более краткими, чем во втором. Таким образом, одновременное использование двух разных типов шаблонов позволяет упростить изучение ПП Брестской области, а также по разному раскрыть их основные особенности.

Каждый ПП области имеет характеристику, которая включает фотографию, название и краткое описание. Название ПП соответствует его названию в реестре ООПТ Беларуси. Краткое описание включает реестровый номер ПП, дату создания, площадь, местоположения и некоторую дополнительную информацию.

Перспективами дальнейшей работы являются:

- (1) Создание на базе данных проектов ряда тематических web-приложений.
- (2) Создание атласа ПП области.
- (3) Создание тематического сайта ПП области, в первую очередь для развития их туристического потенциала.
- (4) Разработка методики и создание ГИС всех ООПТ области и др.



ANALIZA ZMIAN WARUNKÓW ROŚLINNYCH ORAZ WILGOTNOŚCIOWYCH WYBRANYCH TERENÓW PODMOKŁYCH POLESIA NA PODSTAWIE OPTYCZNYCH ZDJĘĆ SATELITARNYCH

Radzevich Katsiaryna

Uniwersytet Warszawski, Polska

Praca dotyczy zagadnień kartowania wybranych terenów podmokłych Polesia. Głównym celem pracy jest analiza zmian warunków roślinnych oraz wilgotnościowych ekosystemów bagiennych wraz z wizualizacją wyników w postaci map tematycznych, utworzonych na podstawie optycznych zdjęć satelitarnych.

Obiektem badań jest mokradłowo-torfowiskowy poligon Grychyno-Starobiński, który znajduje się w północnej części niziny Poleskiej, na terenach zalewowych rzek Moracz i Słucz. Powierzchnia poligonu wynosi 130 km², 97% obszaru stanowią torfowiska niskie, które były poddane znacznym wpływom antropogenicznym (osuszanie i eksploatacja torfu).

Dla realizacji postawionych zadań były wykorzystane dane satelitarne średniej i wysokiej rozdzielczości, materiały kartograficzne oraz punkty kontrolne wyznaczonych profili, wykonanych podczas badań terenowych.

Wykorzystane dane teledetekcyjne to wielospektralne zdjęcia satelitarne Ikonos (2006–2007 r.) o rozdzielczości 1,2 m, dane wielospektralne i panchromatyczne białoruskiego satelity Kanopus B (2014 rok) o rozdzielczości odpowiednio 10,5 i 2,1 m, oraz wielospektralne dane Sentinel-2 (2015 rok) o rozdzielczości 10 m i 20 m. Wykorzystano również wektorową mapę topograficzną Białorusi w skali 1:100 000 oraz mapę roślinności mińskiego obwodu Białorusi w skali 1: 50 000 z 1990 r.

Zadanie zrealizowano za pomocą oprogramowań: ERDAS Imagine, ENVI i programu ArcGIS.

Metodyka badań prowadzących do utworzenia mapy zakładała kilka etapów:

- 1 – pozyskanie danych przestrzennych,
- 2 – przetwarzanie obrazów satelitarnych,
- 3 – kartowanie z wykorzystaniem dwóch podejść: kartowania na podstawie metody wizualnej i zautomatyzowanych metod rozpoznawania oraz klasyfikacji biotopów,
- 4 – ocena dokładności klasyfikacji,
- 5 – utworzenie katalogu wzorców charakterystyk spektralnych roślinności poligonu,
- 6 – utworzenie mapy rastrowej,
- 7 – analiza stanu warunków roślinnych poligonu bagiennie-torfowiskowego.

Katalog wzorców powstał na podstawie szczegółowych wyników prac terenowych na czterech działkach. Na każdej działce wyznaczono 178 punktów kontrolnych (reprezentujących różne typy roślinności) dla których, na podstawie danych z satelity Ikonos, określono charakterystyki spektralne.

W skład katalogu wchodzi 12 wzorców. Każdy wzorec zawiera następujące informacje: nazwa typu roślinności, współrzędne punktu oraz fragment obrazu

Ikonos wraz z datą i opisem zastosowanej kompozycji barwnej kanałów.

W wyniku tych prac, po raz pierwszy na podstawie danych teledetekcyjnych, została opracowana mapa tematyczna oceny stanu torfowiska Grychyno-Starobińskiego z uwzględnieniem jego podstawowych kierunków wykorzystania takich jak: eksploatacja torfu, wtórne zabagnienie na torfowiskach wcześniej eksploatowanych oraz użytkowanie rolnicze. Mapa zawiera 17 warstw podzielonych na sześć kategorii: eksploatacja torfu, użytkowanie rolnicze, wtórne zabagnienie torfowisk eksploatowanych, drogi gruntowe, kanały i zabudowa.

Mapa pozwala ocenić wielkość i zasięg powierzchni wydzielonych klas oraz określić zachodzące zmiany. Zaletą opracowanej mapy jest jej wysoka dokładność i wiarygodność, zapewniona dzięki wykorzystaniu danych teledetekcyjnych.



ИЗУЧЕНИЕ ГОРОДСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ СРЕДСТВАМИ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ARCGIS ONLINE

Тищук Д. А., Новиков А. В.

*Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина,
г. Брест, Беларусь*

На территории Брестской области по состоянию на 1 января 2017 г. выделяется 91 памятник природы (ПП), из них в городах и поселках городского типа области – 18 ПП. Данные памятники природы представляют значительный интерес, т.к. из всех ПП области являются наиболее доступными и известными для населения. Кроме того, данные природные территории могут выступать потенциальными объектами для проведения различных видов экологических, туристических, воспитательных и иных мероприятий. Таким образом, значительную актуальность приобретают работы направленные на изучение особенностей распространения и основных характеристик данных видов ООПТ. В данной работе приводится пример изучения городских памятников природы Брестской области средствами облачной платформы картографирования *ArcGIS Online*.

В настоящее время, для изучения особенностей распространения и основных характеристик городских ПП в пределах Брестской области создано значительное количество web-приложений с использованием различных типов шаблонов *ArcGIS Online «Story Maps»*. Применение разных шаблонов позволяет более полноценно представить ПП на карте области и ознакомиться с их основными характеристиками.

Шаблон *«Story Map Tour»* используется для создания карты с последовательным повествованием на основе местоположений, которое сопровождается изображениями и видео. С использованием данного шаблона созданы

- 1) полное инвентаризационное приложение «Городские ПП Брестской области»;
- 2) ряд маршрутных приложений (своеобразных виртуальных экскурсий) по самому крупному городскому ПП – Парку культуры и отдыха имени А.В. Суворова в г. Кобрин;
- 3) несколько тематических приложений, например «Достопримечательности Парка культуры и отдыха имени А. В. Суворова», «Ботанические памятники природы – отдельные вековые или редких пород деревья и их группы» и др.

Шаблон *«Story Map Shortlist»* используется для создания карт с группировкой отдельных объектов по вкладкам. Преимуществом данного приложения является автоматическое обновление вкладок при перемещении по карте и отображение объектов в текущем экстенсте. С использованием данного шаблона также создана инвентаризационная карта городских ПП

области, разбитых на категории и виды, а также планируется создание ряда тематических приложений (например, «Поры года в Парке культуры и отдыха имени А.В. Суворова»).

Шаблон «*Story Map Series*» представляет собой набор карт или изображений с возможностью дополнять их текстовыми описаниями со значительным количеством фотографического и иного материала. С использованием данного шаблона создано инвентаризационное приложение ПП г. Бреста.

Шаблон «*Story Map Cascade*» позволяет комбинировать описательный текст с картами, изображениями и мультимедийным содержанием в привлекательной полноэкранной среде. С использованием данного шаблона для ПП Брестской области создаются описательные приложения, дополненные значительным количеством иллюстративного материала. В настоящее время создано приложение для территории Парка культуры и отдыха имени А. В. Суворова, которое представляет собой web-паспорт данного ПП и сочетает небольшие текстовые описания с картами, современными и архивными фотографиями, видеофайлами.

Шаблон «*Story Map Crowdsourcing*» представляет собой приложение, в которое любой пользователь может добавлять фотографии с подписями. Данный шаблон используется для вовлечения широкой общественности в тему изучения городских ПП. С его использованием созданы приложения для сбора фотографического материала, характеризующего ПП Бреста и Парка культуры и отдыха имени А. В. Суворова г. Кобрин. Полученный фотографический материал применяется для реализации web-приложений других типов.



ОЦЕНКА ЗАРАСТАЕМОСТИ ОЗЕР НП "БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА" НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ДРИВЯТЫ)

Хрущёва Е. О., Циунель М. П.

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

В настоящее время изучение влияния климатических изменений, антропогенного воздействия на природные и социальные компоненты природы одна из актуальных проблем во всем мире. В последние несколько десятилетий технологии дистанционного зондирования и геоинформационных систем прочно вошли в нашу жизнь и применяются в различных её сферах. Использование спутниковой информации позволяет не только повысить достоверность и объективность получаемых данных, но и значительно сократить затраты на проведение наземных исследований.

Государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Браславские озера» располагается на северо-западе Беларуси на территории Браславского административного района Витебской области. В границах Национального парка находятся 74 озера общей площадью 12 590 га, что составляет примерно 17 % всей его территории.

Ежегодно происходит изменение территории занимаемой водной растительностью. В качестве исходных данных были использованы мультиспектральные космические снимки из архивов съемочной системы Landsat, полученные из интернет-каталога Геологической службы США (United States Geological Survey). Для данного исследования были подо-

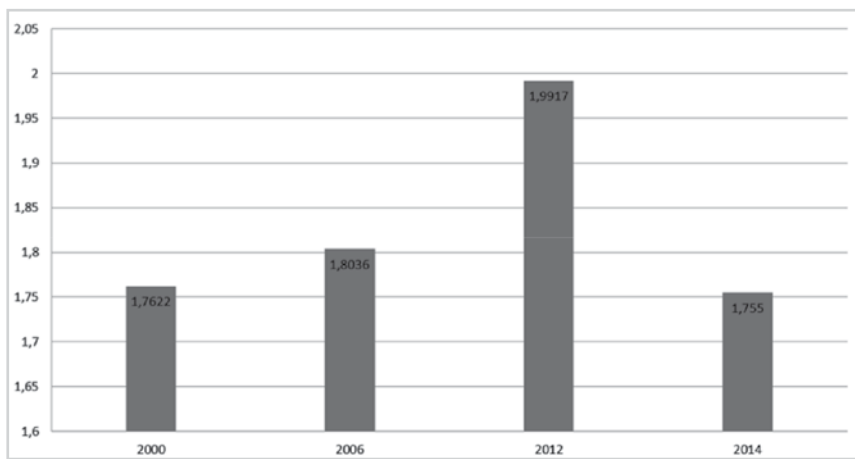


Рисунок 1 – Площадь, занимаемая водной растительностью на оз. Дrivяты, км²

браны разновременные изображения серии Landsat в период с 2000 по 2014 гг.

Тематическая цифровая обработка ДДЗ осуществлялась с помощью специализированного программного обеспечения ENVI 5.2 и ArcGIS. Она включала следующие этапы: атмосферную и радиометрическую коррекцию, вычисление индекса NDVI и классификацию изображения по этому индексу.

В результате проведенного исследования были получены данные, отражающие динамику площади, занимаемой водной растительностью с 2000 по 2014 гг. (рисунок 1). По результатам классификации были созданы карты. Изменения площади водной растительности на поверхности озера связано не только с постоянным ростом растений, а также с колебаниями уровня воды, климатическими условиями и антропогенным воздействием.



ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Чернушевич М. В., Смыкович Л. И.

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

Национальные парки, кроме сохранения биоразнообразия, позволяют также извлекать выгоду, как материальную, так и нематериальную. Так, они позволяют организовать туризм и рекреационную деятельность, могут обеспечивать развитие образовательной и научной деятельности. Для эффективного пользования ресурсами национальных парков необходимо досконально изучить и оценить их состояние, устойчивость, возможности эксплуатации.

Цель работы: оценить ресурсный потенциал Национального парка «Нарочанский». Задачи работы: охарактеризовать ресурсы особо охраняемых природных территорий Беларуси; охарактеризовать и оценить ресурсный потенциал национального парка «Нарочанский»; дать сравнительную оценку относительно аналогичных зарубежных ООПТ; определить возможности развития Национального парка «Нарочанский»; создать необходимые картографические материалы.

Экономическая оценка базируется на определении стоимости отдельных видов природных ресурсов. Определено проведение оценки для следующих трех основных видов природных ресурсов: земельные ресурсы (рассматриваются только сельскохозяйственные земли и земли под болотами); лесные ресурсы; водные ресурсы. Базой экономической оценки природных ресурсов является рыночная цена основного продукта природопользования: зерно тритикале для оценки сельскохозяйственных земель и брикет топливный на основе торфа для оценки земель под болотами; для лесных ресурсов — пиломатериалы хвойных пород; для водных ресурсов — пресная питьевая вода.

Экономическая оценка на основе ГИС-технологии проводилась на базе материалов земельной информационной системы (ЗИС), лесоустроительных материалов.

Основная последовательность работ в ГИС:

1. на основе кодировки из слоя Land земельной информационной системы в новые слои экспортировались земельные участки, соответствующие оцениваемым ресурсам;
2. в таблицах атрибутов были созданы поля переменных и поправочных коэффициентов, перечисленных в вышеприведенных формулах;
3. на основании имеющейся по участкам земли информации проводилось заполнение полей переменных и поправочных коэффициентов, в случаях, если прямого соответствия имеющейся информации и данных для

внесения не имелось, проводились поиски наиболее подходящих аналогов;

4. расчет на основании имеющихся формул при помощи Калькулятора поля удельной и общей стоимости отдельных частей природных ресурсов;
5. объединение полученной информации в один слой при помощи инструмента Объединение (Анализ / Наложение / Объединение);
6. объединение полученных данных в единые поля;
7. оформление полученной картограммы, окончательное формирование базы данных, ГИС-проекта, иных необходимых картографических материалов.

Общая стоимость природных ресурсов национального парка «Нарочанский» составила 11101,4 млн. рублей. Удельная стоимость ресурсов варьируется от 1844 (водные ресурсы) до 534834 (сельскохозяйственные земли) руб./га (рисунок).

Наибольшей экономической ценностью обладают земли хозяйственной зоны, так как именно в этой зоне находятся основные массивы сельскохозяйственных земель. Меньшей средней удельной стоимостью отличается внутренняя охранный зона, к которой относятся населенные пункты на территории национального парка. Высокая общая ценность природных ресурсов зоны регулируемого использования связана с ее наибольшей площадью. Именно в нее включены большинство лесов, водоемов и прочих естественных угодий национального парка. Наличие менее ценных природных комплексов определяет наименьшую среднюю удельную стоимость ресурсов данной зоны. Малые суммарные стоимостные показатели заповедной и рекреационной зон связаны с их наименьшей долей в площади национального парка, но они отличаются большей ценностью по сравнению с зоной регулируемого использования. Стоит отметить высокий показатель средней стоимости отдельных участков для заповедной зоны, что можно связать с их низкой фрагментированностью вследствие минимизации вмешательства человека в природно-территориальные комплексы в данных районах.

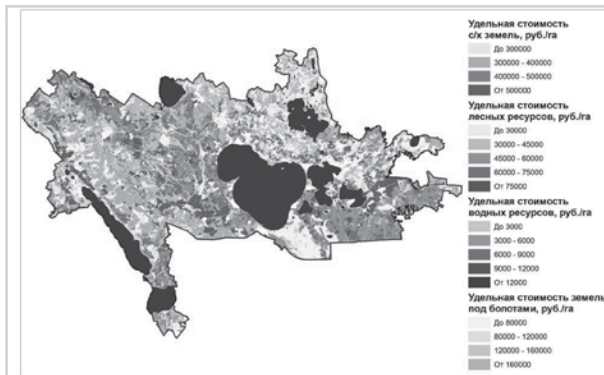


Рисунок — Удельная стоимость ресурсов Национального парка «Нарочанский»



СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВЗРОСЛАЯ ПЛОЩАДКА	
<i>Сипач В. А., Новиков А. А., Люштык В. С., Семенов О. А.</i>	5
КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАНО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ (ЭТАПЫ 2 И 3)	
<i>Аронов В. А.</i>	18
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В ЦЕНТРЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАН БЕЛАРУСИ	
<i>Хохряков В. Р., Бавшин И. М., Кунаш Д. А.</i>	22
АТЛАСНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В ООПТ НА ПРИМЕРЕ ФГБУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»	
<i>Груммо Д. Г., Цвирко Р. В., Куликова Е. Я., Зеленкевич Н. А., Мойсейчик Е. В.</i>	39
К ВОПРОСУ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ БИОТОПОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»	
<i>Груммо Д. Г., Цвирко Р. В., Куликова Е. Я., Зеленкевич Н. А., Мойсейчик Е. В., Русецкий С. Г.</i>	49
ОЦЕНКА ДИНАМИКИ НАЗЕМНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАССЕЙНА ОЗЕРА НАРОЧЬ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАЗНОВРЕМЕННЫХ ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ КАРТ	
<i>Новиков А. А., Сипач В. А.</i>	56
ЦИФРОВАЯ КАРТА ДЛЯ РАБОТНИКОВ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ COLLECTOR FOR ARCGIS	
<i>Розова И. В., Волкова Е. М.</i>	61
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «КУЛИКОВО ПОЛЕ»	
<i>Рыжков О. В., Рыжкова Г. А., Рыжков Д. О.</i>	63
МЕТОДИКА ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ	
<i>Самсонов С. Д.</i>	73
ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В СОЧИНСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ	
<i>Самсонов С. Д., Ананченко В. Н.</i>	75
ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ГИС "СОЧИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК"	
<i>Токарчук О. В.</i>	77
РАЗРАБОТКА АДАПТИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОЗЕРНО-БАССЕЙНОВЫХ СИСТЕМ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ (ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ)	

<i>Токарчук С. М., Маевская А. Н., Тишук Д. А.</i>	84
РАЗРАБОТКА МНОГОЦЕЛЕВОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Украинский П. А.</i>	91
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ КРОН ОДИНОЧНЫХ ДЕРЕВЬЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ	
<i>Яновский А. А., Созинов О. В.</i>	95
ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ФИТОМАССЫ	
ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ	
<i>Алексютина Е. В., Тупицына Н. Б.</i>	103
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Барашко Е. В.</i>	104
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СОЗДАНИЯ КАРТ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА В ЕВРОПЕЙСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЕ CORINE LAND COVER (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»)	
<i>Булышко А. Е.</i>	108
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БЕЛАРУСИ В СООТВЕТСТВИИ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР	
<i>Бурый В. В., Лаце А.</i>	110
КАРТИРОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ДОРОЖНОТРОПИНОЧНОЙ СЕТИ И ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА "БЫСТРИНСКИЙ" (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА)	
<i>Бурым Р. Д.</i>	112
СОЗДАНИЕ ГИС ОБЪЕКТОВ ООПТ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ГОРОДА БАРНАУЛА	
<i>Даглиц В. Ю., Сазонов А. А., Федорович Е. Д.</i>	114
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННОГО РЕЛЬЕФА НА ПРИМЕРЕ НП «НАРОЧАНСКИЙ»	



Дмитриева Е. В.	117
АТЛАСНОЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»)	
Зенькова С. М.	119
ГИС-АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОД ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ	
Игнатовская И. Г.	122
ИЗУЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАКРОФИТОВ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС	
Макарова Е. А.	126
ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЛЕДОВ БУРОГО МЕДВЕДЯ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА РУССКИЙ СЕВЕР	
Новиков А. В., Тишук Д. А.	128
ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ	
Radzevich Katsiaryna	130
ANALIZA ZMIAN WARUNKÓW ROŚLINNYCH ORAZ WILGOTNOŚCIOWYCH WYBRANYCH TERENÓW PODMOKŁYCH POLESIA NA PODSTAWIE OPTYCZNYCH ZDJĘC SATELITARNYCH	
Тишук Д. А., Новиков А. В.	132
ИЗУЧЕНИЕ ГОРОДСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ СРЕДСТВАМИ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ARCGIS ONLINE	
Хрущёва Е. О., Циунель М. П.	134
ОЦЕНКА ЗАРАСТАЕМОСТИ ОЗЕР НП "БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА" НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ДРИВЯТЫ)	
Чернушевич М. В., Смыкович Л. И.	136
ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	

Сборник научных статей (тезисов) "ГИС на ООПТ"

Подготовлен к печати
Государственное природоохранное учреждение "Национальный парк "Нарочанский"
222395, Минская обл., Мядельский р-н, к.п. Нарочь, ул. Ленинская, 11

Отпечатано ООО «Аль Пак»
220030, г. Минск, ул. Карла Маркса, дом 8, подъезд 6
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №2/191 от 23 ноября 2016 г.
Тираж 124 экз. Заказ № 481