

УДК: 004.9:912.4

DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-644-654

Е.А. Любимова¹, Н.Г. Ивлиева², Е.И. Примаченко³

ОПЫТ ДОБАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В БАЗУ ДАННЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ГИС-СРЕДЕ

АННОТАЦИЯ

В статье описан опыт добавления новых объектов к существующей справочной базе данных рек Республики Мордовия в ГИС-среде, в которой содержатся сведения о водных объектах из справочного пособия «Гидрологическая изученность». В базу данных добавлялись водотоки и водоемы из официального перечня объектов, подлежащих региональному государственному контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов на территории Республики Мордовия. Проведена оценка временной достоверности данных, поскольку с течением времени речная сеть претерпела изменения, устарели наименования отдельных водных объектов. В целях актуализации данных привлекались современные карты, реестр географических названий объектов Республики Мордовия, спутниковые снимки. В работе применяли функционал ГИС-пакета ArcGIS. Очень полезным оказался набор инструментов Linear Referencing Tools, позволивший нам использовать систему линейных координат для определения расстояний от устья основной реки до ее притоков. Созданная база данных водных объектов Мордовии выполняет справочно-информационную функцию. Для удобства пользователей БД атрибутивная информация об отдельных объектах может быть выведена во всплывающем HTML-окне карты, куда можно включить фотографии и ссылки на файлы с разнообразной информацией об объекте. С помощью ГИС-технологий можно выполнять картометрические определения, уточнять и добавлять сведения о других водных объектах, проводить пространственный анализ, создавать карты методами геоинформационного картографирования. Полученные результаты служат существенным шагом к оперативному обеспечению потребителей актуальными справочными сведениями о водных объектах в различной форме.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: база данных водных объектов, ГИС-технологии, отображение данных в HTML-окне, ArcGIS

¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, ул. Большевикская, д. 68, 430005, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия; *e-mail:* gkg_mrsu@mail.ru

² Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, ул. Большевикская, д. 68, 430005, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия; *e-mail:* gkg_mrsu@mail.ru

³ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, ул. Большевикская, д. 68, 430005, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия; *e-mail:* gkg_mrsu@mail.ru

Elizaveta A. Lyubimova¹, Natalia G. Ivlieva², Elena I. Primachenko³

EXPERIENCE OF ADDING SPATIAL INFORMATION TO THE DATABASE OF WATER BODIES IN A GIS ENVIRONMENT

ABSTRACT

The article describes the experience of adding new objects to the existing reference database of the rivers of the Republic of Mordovia in a GIS environment, which contains information about water bodies from the reference manual "Hydrological knowledge". Watercourses and reservoirs from the official list of objects subject to regional state control and supervision over the use and protection of water bodies on the territory of the Republic of Mordovia were added to the database. An assessment of the temporal reliability of the data was carried out, since over time the river network has undergone changes, the names of individual water bodies have become outdated. In order to update the data, modern maps, a register of geographical names of objects in the Republic of Mordovia, and satellite images were used. The functionality of the ArcGIS GIS package was used in the work. The Linear Referencing Tools were very useful, allowing us to use a linear coordinate system to determine the distances from the mouth of the main river to its tributaries. The created database of water bodies of Mordovia performs a reference and information function. For the convenience of database users, attribute information about individual objects can be displayed in a pop-up HTML map window, where you can include photos and links to files with various information about the object. With the help of GIS technologies, it is possible to perform cartometric determinations, refine and add information about other water bodies, conduct spatial analysis, and create maps using geoinformation mapping methods. The results obtained serve as a significant step towards promptly providing consumers with up-to-date reference information about water bodies in various forms.

KEYWORDS: database of water bodies, GIS technologies, data display in an HTML window, ArcGIS

ВВЕДЕНИЕ

Реки и озера, пруды, ручьи и другие водоемы всегда являлись ценным для всего живого ресурсом и одним из важнейших природных богатств Земли. Для накопления и быстрой обработки данных о водных ресурсах часто используют базы данных ГИС. Существующие справочные базы данных водных объектов того или иного региона могут оказаться неполными или частично устаревшими. Наличие современных систематизированных справочных сведений о водных объектах имеет немаловажное значение при выполнении различных исследований и картографировании, что обуславливает актуальность темы исследования. Доступность информации о местоположении, размерах и взаимосвязи водных объектов существенно влияет на оперативное выполнение на их основе различного пространственного анализа, гидрологических расчетов, построения карт методами геоинформационного моделирования и т. д.

¹ N.P. Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, 4300005, Saransk, Mordovia, Russia; e-mail: gkg_mrsu@mail.ru

² N.P. Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, 4300005, Saransk, Mordovia, Russia; e-mail: gkg_mrsu@mail.ru

³ N.P. Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya str., 68, 4300005, Saransk, Mordovia, Russia; e-mail: gkg_mrsu@mail.ru

Теоретические и практические разработки по применению геоинформационных технологий в гидрологических исследованиях, картографическом моделировании речных бассейнов и решении географо-картографических задач представлены в трудах А.М. Берлянта [Берлянт, 1986], Т.В. Верещаки [Верещака и др., 2014], Б.А. Новаковского [Новаковский и др., 2003], В.Г. Калинина и С.В. Пьянкова [Калинин, Пьянков, 2010], И.Н. Ротановой [Ротанова и др., 2009], В.С. Тикунова [Тикунов, 1997] и др.

В работе было выполнено обновление справочной базы данных водных объектов в Республике Мордовия в программе ArcGIS.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основным источником пространственных данных служила ранее созданная база данных рек Республики Мордовия [Ивлиева и др., 2020]. В ней в качестве позиционной информации использованы оцифрованный с топографической карты масштаба 1 : 200 000 слой рек и электронная база данных со сведениями из справочного пособия «Гидрологическая изученность» (ГИ) [Сомов, Яковенко, 2010]. Подготовленные ВНИИГМИ-МЦД сведения о водных объектах из ГИ в цифровом виде хранятся в наборе из трех текстовых файлов. В них содержится перечень водных объектов, зарегистрированных в Государственном водном реестре (ГВР), а также их основные характеристики (отдельно по водотокам и водоемам). Название водных объектов такое же, как и в справочнике ГИ. Порядковый номер водного объекта из ГИ является составной частью девятизначного кода по гидрологической изученности. Хранится код в поле idGidrol. Электронный вариант содержит также коды и наименования бассейновых округов, речных бассейнов, подбассейнов и водохозяйственных участков, указанных в соответствии с официальными документами Минприроды России и Федерального агентства водных ресурсов. Из электронной версии справочника ГИ были отобраны водотоки, протекающие по территории Республики Мордовия. Описание атрибутов класса пространственных объектов «river» дано в таблице 1.

Табл. 1. Характеристика атрибутивной таблицы класса «river»
Table 1. Characteristics of the attribute table of the “river” feature class

Название поля	Описание поля	Тип поля
WOTID	Тип водного объекта (код)	Double
WOTName	Тип водного объекта	String
WOName	Наименование водного объекта	String
GEOLOC	Местоположение водного объекта	String
D_km	Расстояние от устья, км	Double
Coast	Берег	String
Куда_	Впадает в	String
idGidrol	Код водного объекта	String
WOLength	Длина водотока полная, км	Double
c_area	Площадь водосбора полная, км ²	Double
BOID	Бассейновый округ (код)	Double
BOName	Бассейновый округ	String
RBName	Речной бассейн	String
SUBName	Речной подбассейн	String

HEPID	Принадлежность к гидрографической единице	String
HEPName	Водохозяйственный участок	String
Длина	Длина водотока в пределах области, км	Double
Номер	Номер тома по гидрологической изученности	Long
Выпуск	Выпуск по гидрологической изученности	Long

В качестве картографических источников также использовались листы топографической карты масштаба 1 : 100 000 в растровой форме представления и векторный слой рек, оцифрованный с этой карты. Для контроля и корректировки береговой линии озер и водохранилищ на картах применялись спутниковые снимки Яндекс.Карты. Также источником пространственных данных служили векторные слои OpenStreetMap и набор данных MERIT Hydro.

Основные текстовые источники представлены официальными документами – реестром наименований географических объектов по Республики Мордовия в формате pdf с официального сайта ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», перечнем объектов, подлежащих региональному государственному контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов на территории Республики Мордовия, из постановления Правительства Республики Мордовия¹. Информация о некоторых объектах отсутствовала в перечисленных документах, в связи с чем был сделан соответствующий запрос в отдел водных ресурсов по Пензенской области и Республики Мордовия Верхне-Волжского бассейнового водного управления (БВУ) Федерального агентства водных ресурсов. Ряд сведений из ГВР был взят из открытых данных Федерального агентства водных ресурсов.

Для достижения поставленных целей и задач были выбраны несколько программных продуктов: ArcGIS, Whitebox Geospatial Analysis Tools и Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В целях добавления новых водотоков к существующей справочной базе данных рек в ГИС выполнялся следующий порядок работ:

- подготовка данных в виде таблицы Excel;
- выявление отсутствующих объектов из заданного списка в существующей БД ГИС путем присоединения таблицы Excel к линейному слою водотоков;
- поиск необходимых водных объектов в специально созданном слое названий географических объектов Республики Мордовия;
- уточнение местонахождения объектов на основе подробного изучения векторных и растровых картографических материалов;
- создание выборки объектов с цифрового слоя карты масштаба 1 : 200 000 и добавление ее в БД;
- выполнение картометрических определений с целью заполнения соответствующих полей атрибутивной таблицы.

После внимательного изучения перечня подлежащих региональному государственному контролю и надзору водных объектов из постановления правительства Республики Мордовия были выявлены реки и ручьи, отсутствующие в БД рек. В справочнике ГИ даны

¹ Постановление Правительства Республики Мордовия от 25 мая 2009 года N 229 «Об утверждении Перечня объектов, подлежащих региональному государственному контролю и надзору за использованием и охраной водных объектов на территории Республики Мордовия» (с изменениями от 29 марта 2010 года). Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/438851367> (дата обращения 18.01.2022).

сведения только об объектах длиной 10 км и более, а в Мордовии 86 % всех рек занимают водотоки протяженностью до 10 км. Поэтому таких водных объектов и не оказалось в слое «river». Их поиск на цифровой карте осуществлялся посредством присоединения таблицы Excel к линейному слою водотоков, снятых с карты масштаба 1 : 100 000, по общему полю с названиями рек. Результат этой операции был проанализирован. Из-за повторяющихся названий автоматически к той или иной реке могла быть присоединена строка со сведениями о другом водотоке. Из-за того, что ряд очень малых рек не был подписан на исходной карте и их названия отсутствовали в атрибутивной таблице, остались неприсоединенные строки. Кроме того, отдельные названия расходились с наименованиями рек на цифровой карте.

Чтобы исправить ошибки и найти местоположение оставшихся рек и ручьев, привлекались карты более крупного масштаба, а также реестр названий географических объектов Республики Мордовия, зарегистрированных в автоматизированном Государственном каталоге географических названий (АГКГН). Из реестра брались современные наименования рек и ручьев Мордовии. В источнике пространственная локализация объектов осуществляется на основе месторасположения их устья. На основе координатных данных был создан точечный слой современных наименований водотоков. Координаты даются с точностью до 0,1', поэтому созданные точки почти совпадают с устьями рек на карте. Созданный слой географических названий предназначен в основном только для справочных целей и поиска географических объектов на территории региона.

Заметим, что в реестре географических наименований объектов Республики Мордовия представлены не все реки, протекающие по ее территории. Во-первых, в качестве источников сведений служили листы топографической карты масштаба 1 : 100 000, на которой показываются все реки и ручьи на местности независимо от их протяженности, но подписи названий изображенных на ней объектов гидрографии даются не все (они могут мешать изображению других важных объектов или ухудшать читаемость карты). Во-вторых, ввиду того, что отбор водотоков из АГКГН производится на основе месторасположения их устьев, а у многих протекающих по территории Мордовии рек соответствующие точки находятся за пределами республики. Поэтому реестр не содержит наименования отдельных рек, таких как Вьяс, Меня, Пьяна, Сура и др. Нами использовались сведения реестра по состоянию на 16.12.2021 г., полученные с официального сайта.

Еще ранее, при создании БД по сведениям справочника ГИ, было обнаружено, что ряд малых рек, принимающих притоки, переименован. Причем наименование их общего водотока сменилось на более употребляемое название притока. Так, в списке ГИ р. Пичинейка (Пичиней) – правый приток р. Нуя, ее левым притоком является р. Вечерлейка (Вечерлей). На современной карте р. Вечерлейка – правый приток р. Нуя, а р. Пичинейка стала ее притоком, т. е. изменилась сама речная система. В реестре названий географических объектов Пичинейка ошибочно обозначена как правый приток р. Нуя, хотя указанные координаты ее устья соответствуют действительному местоположению. Аналогичная ситуация была обнаружена и с р. Перпелейка, которая в списке ГИ указана как правый приток р. Нуя, что соответствовало действительности на период составления справочника ГИ. На современной карте изображение правого притока основной реки подписано как Желабовка. Из-за нормализации географических наименований этих рек и связанных с этим разночтений в справочнике ГИ и на современных картах, в документах встречается путаница. К тому же сведения ГИ о длине и площади водосбора такого водотока, куда он впадает и с какого берега, – устарели.

После подробного изучения современных картографических материалов все реки и ручьи из регионального перечня водных объектов, отсутствующие в справочнике ГИ, были отобраны с цифрового слоя карты масштаба 1 : 200 000 и добавлены в ранее подго-

товленную БД. Так как на исходной карте изображаемые объекты генерализованы, то для картометрических определений использовали линейный слой гидрографии цифровой карты масштаба 1 : 100 000.

Многие линейные объекты, представляющие собой водотоки, имели разрывы. Это чаще всего объяснялись тем, что построенные на реках пруды и водохранилища, участки, выражающиеся в масштабе карты, хранятся как полигональные объекты гидрографии. Для решения поставленных в работе задач нужно было перейти к представлению водотоков одной линией. В случае водохранилищ на реке прежнее положение русла устанавливалось по старым картам, соответствующая линия создавалась вручную. После этого все отдельные участки одной или той же реки были интегрированы в единый объект. Тем самым был получен линейный слой, где каждому водотоку соответствовала одна строка.

Картометрические операции в ГИС выполняются легко [Калинин, Пьянков, 2010], поэтому длина водотоков определялась просто, посредством вычислений непосредственно в поле `WOLength` атрибутивной таблицы. Для того чтобы заполнить поле `D_km` (расстояние от устья, км) для добавленных в БД рек и ручьев, применялись вычисления на основе линейных измерений. В ArcGIS при работе с объектами в системе линейных координат применяют маршруты и события на них. Маршруты создавались из линейных объектов, представляющих собой водотоки. В качестве стартовой точки для измерений на объект-маршруте указывалось устье водотока. Для рек, у которых устье находится за пределами границ республики, измерения начинались не с нуля. Далее с помощью инструмента геообработки «Размещение объектов» были проведены измерения вдоль реки от стартовой точки до точек впадения ее притоков. В результирующей таблице событий в поле измерений `MEAS` для каждого притока содержалось значение расстояния от устья основной реки. Вычисленные значения были добавлены в атрибутивную таблицу класса пространственных объектов `River` путем присоединения по общему полю. На рисунке 1 изображена р. Нуя с притоками. У точек, показывающих места впадения притоков в основную реку, подписаны вычисленные с помощью указанного инструмента ArcGIS значения расстояний от устья р. Нуя в км. Использование этого инструмента геообработки ArcGIS оказалось очень полезным в нашей работе.

Озера на территории Мордовии распространены в основном в поймах рек. Они небольшие. Длина самого большого озера – Инерка – около 3 км, его ширина – до 200 м. При оцифровке водоемов старались более или менее точно передать их конфигурацию. На их основе создан класс пространственных объектов «lake and reservoir». По спутниковым снимкам было уточнено положение береговых линий водоемов. Все сведения о водоемах хранятся в атрибутивной таблице (табл. 2). В поле `WOarea` автоматически была вычислена их площадь.

Для вычисления площади водосборов рек, добавленных в БД, использовали готовый слой водосборных областей на территории Мордовии, ранее созданный в программе `Whitebox Geospatial Analysis Tools (GAT)` [Lindsay, 2016] по данным `MERIT Hydro`. При определении границ водосборных бассейнов нужно, чтобы цифровая модель рельефа была гидрологически корректной [Чумаченко и др., 2018]. Важным моментом является согласование гидрографической сети и цифровых моделей рельефа [Энтин и др., 2019; Ermolaev et al., 2017]. Набор данных `MERIT Hydro` построен на основе большого числа исходных данных и представляет гидрологически согласованную ЦМР [Yamazaki et al., 2019]. Полигоны, представляющие собой водосборные области очень малых рек, были добавлены в ArcGIS. На рисунке 2 показан соответствующий слой, совмещенный с реками. Для уточнения выделенных границ водосборов использовались топографические карты. Далее были определены площади водосборов для рек, добавленных в БД.

Оставшиеся поля в атрибутивной таблице были заполнены автоматически на основе анализа пространственного расположения объектов относительно ранее созданной схемы водохозяйственного районирования территории Мордовии. Заметим, что на основе подготовленного слоя водосборных областей можно составить карты речных бассейнов [Верещака и др., 2014].

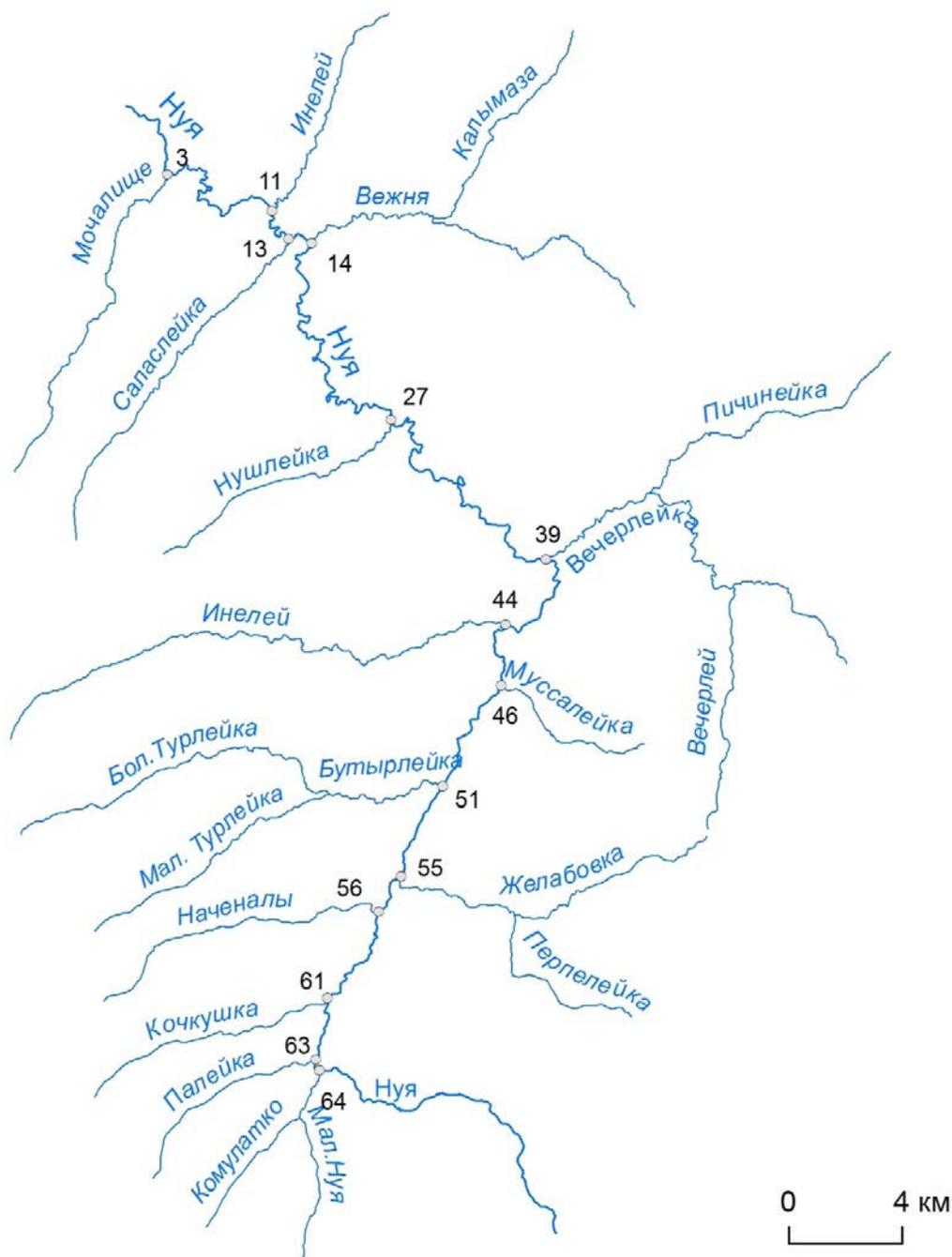


Рис. 1. Пример размещения в ArcGIS точек (местоположений притоков) вдоль реки
Fig. 1. Example of ArcGIS placement of points (tributary locations) along a river

Табл. 2. Характеристика атрибутивной таблицы класса «lake and reservoir»
 Table 2. Characteristics of the attribute table of the “lake and reservoir” feature class

Название поля	Описание поля	Тип поля
WOTID	Тип водного объекта (код)	Double
WOTName	Тип водного объекта	String
WOName	Наименование водного объекта	String
GEOLOC	Местоположение водного объекта	String
WOarea	Площадь, км ²	Double
VOID	Бассейновый округ (код)	Double
BOName	Бассейновый округ	String
RBName	Речной бассейн	String
SUBName	Речной подбассейн	String
HEPID	Принадлежность к гидрографической единице	String
HEPName	Водохозяйственный участок	String

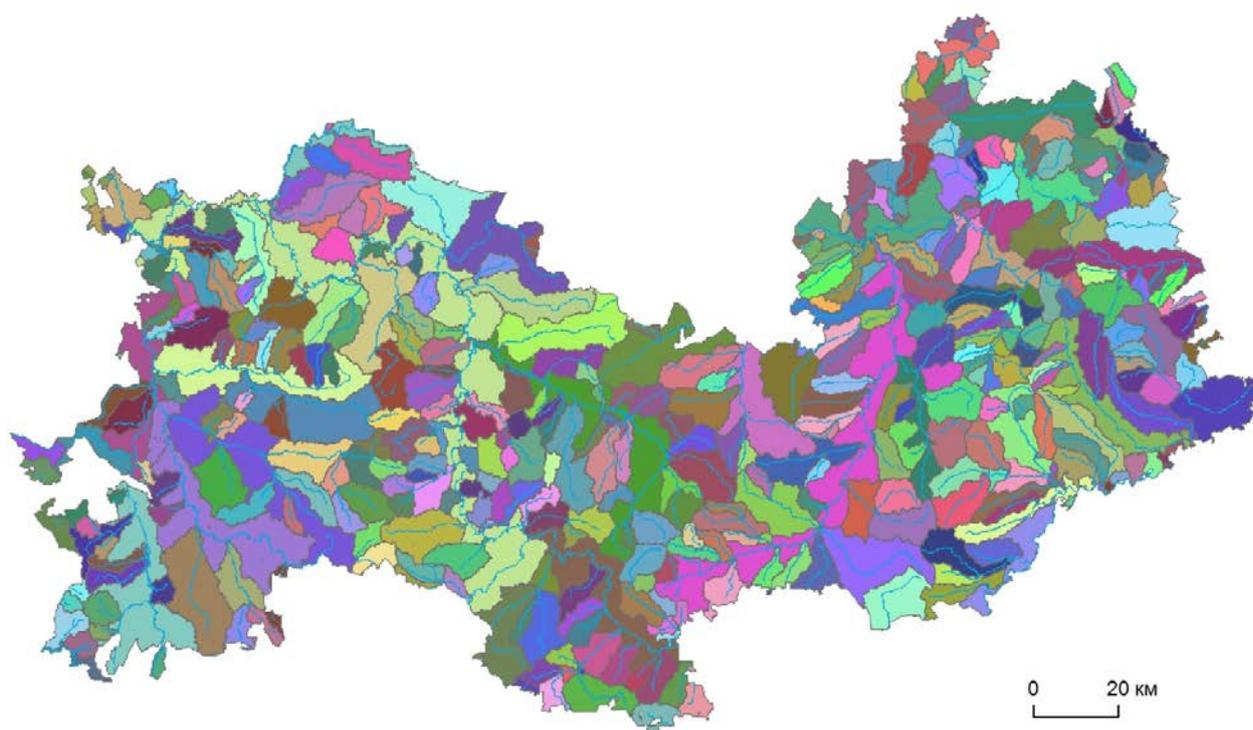


Рис. 2. Водотоки на схеме водосборных областей
 Fig. 2. Streams on the scheme of watersheds

В ArcGIS атрибутивная информация об отдельном объекте может быть выведена во всплывающем окне карты. При установке свойств слоя нами был выбран тип отображения в формате HTML «как таблица с видимыми полями» и проведена настройка полей: включена их видимость, установлены альтернативные имена полей (псевдонимы). Для отображения дополнительной информации использовали поддержку в ArcGIS вложений класса пространственных объектов базы геоданных. Вложения (attachments) связывают с объектом

несколько файлов, хранящихся в базе геоданных. Можно добавлять фотографии, ссылки на файлы с более подробными сведениями и т.п. Их можно просматривать во всплывающем окне HTML (рис. 3).

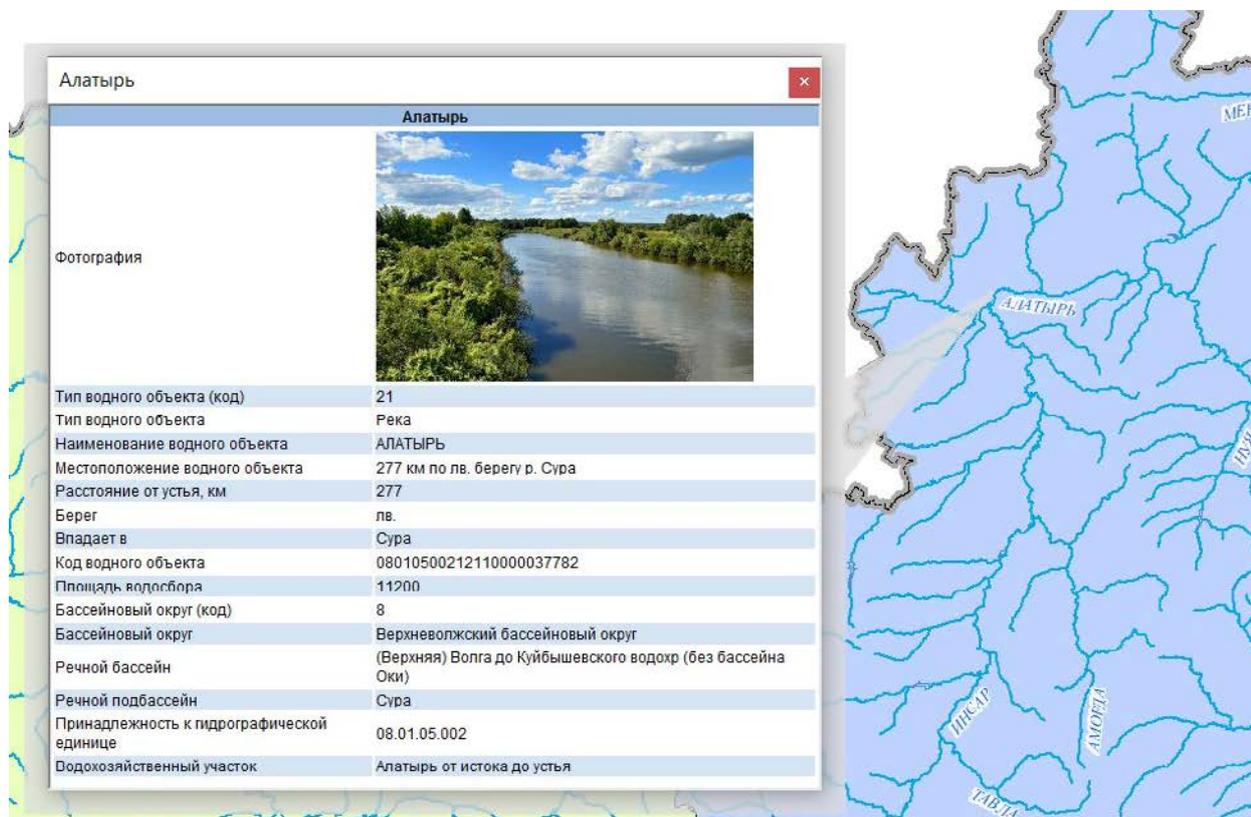


Рис. 3. Отображение данных в HTML-окне ArcGIS

Fig. 3. Displaying data in an ArcGIS HTML window

Полученные результаты – это существенный шаг к оперативному обеспечению потребителей актуальными справочными сведениями о водных объектах в различной форме. Хранение, возможность обработки и анализа пространственной информации в ГИС позволяют использовать данные о водных объектах и при формировании геоинформационного обеспечения научно-исследовательских проектов.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенного исследования была сформирована база данных водных объектов Республики Мордовия на основе файловой базы геоданных в ГИС ArcGIS, разработана и опробована методика добавления новых объектов к существующей справочной базе данных рек Республики Мордовия в ГИС-среде. Разработанная методика позволяет применять базовые ГИС-технологии, а также реализовать принцип использования уточняющих пространственных данных для повышения качества базы данных.

На основе созданной БД можно тщательно и подробно изучать гидрографическую сеть Республики Мордовия, оперативно проводить анализ и визуализацию данных. В этих целях предложено использование всплывающих окон HTML, появляющихся на экране при щелчке мыши на каком-либо объекте. С помощью ГИС-технологий можно выполнять картометрические определения, уточнять и добавлять сведения о других водных объектах.

Сформированная база данных может применяться для анализа геометрической сети, создания электронных карт и построения трехмерных моделей рельефа. Данные, содержащиеся в этой БД, будут полезны географам, экологами, гидрологам, картографам, а также другим специалистам. Так как в БД включены водные объекты, подлежащие региональному государственному контролю Республики Мордовия, то ее можно использовать в региональных организациях и учреждениях, занимающихся водными ресурсами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. М.: Мысль, 1986. 240 с.
2. Верещака Т.В., Билибина Н.А., Курбатова И.Е. Карты речных бассейнов: их значение и особенности проектирования. Геодезия и картография. 2014. № 9. С. 9–15. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-891-9-9-15.
3. Излиева Н.Г., Манухов В.Ф., Борискин А.С., Ерофеева И.В. Опыт создания базы данных в ГИС-среде. Геодезия и картография. 2020. № 12. С. 43–49. DOI: 10.22389/0016-7126-2020-966-12-43-49.
4. Калинин В.Г., Пьянков С.В. Применение геоинформационных технологий в гидрологических исследованиях. Пермь: АлексПресс, 2010. 217 с.
5. Новаковский Б.А., Прасолов С.В., Прасолова А.И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. М.: Научный мир, 2003. 64 с.
6. Ротанова И.Н., Ведухина В.Г., Цимбалей Ю.М. Водно-экологическое картографирование на основе ГИС-технологий. Мир науки, культуры, образования. 2009. № 2 (14). С. 23–26.
7. Сомов С.В., Яковенко Л.И. Создание электронной базы по данным справочника Государственного водного кадастра (ГВК) «Гидрологическая изученность». Тр. ВНИИГМИ-МЦД, 2010. Вып. 174. Электронный ресурс: <http://meteo.ru/publications/116-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-174-2010-g/384-sozdanie-ele> (дата обращения: 18.01.2022).
8. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. М.: Издательство МГУ, 1997. 405 с.
9. Чумаченко А.Н., Хворостухин Д.П., Морозова В.А. Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области). Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18. Вып. 2. С. 104–109. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-104-109.
10. Энтин А.Л., Самсонов Т.Е., Лурье И.К. Согласование цифровых моделей рельефа и гидрографической сети для определения границ бассейнов. Геодезия и картография. 2019. № 1. С. 94–101. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-94-101.
11. Ermolaev O.P., Mal'tsev K.A., Mukharamova S.S., Kharchenko S.V., Vedeneeva E.A. Cartographic Model of River Basins of European Russia. Geography and Natural Resources. 2017. Vol. 38. No. 2. P. 131–138.
12. Lindsay J.B. Whitebox GAT: A case study in geomorphometric analysis. Computers & Geosciences. 2016. Vol. 95. P. 75–84. DOI: 10.1016/j.cageo.2016.07.003.
13. Yamazaki D., Ikeshima D., Sosa J., Bates P., Allen G., Pavelsky T. MERIT Hydro: A high resolution global hydrography map based on latest topography. Water Resources Research. 2019. Vol. 55. No. 6. P. 5053–5073. DOI: 10.1029/2019WR024873.

REFERENCES

1. *Berlyant A.M.* Image of space: map and information. Moscow: Mysl', 1986. 240 p. (in Russian).
2. *Chumachenko A.N., Khvorostukhin D.P., Morozova V.A.* Construction of a Hydrologically-correct Digital Terrain Model (Using the Example of Saratov Region). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences.* 2018. Vol. 18. Iss. 2. P. 104–109. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-104-109 (in Russian).
3. *Entin A.L., Samsonov T.E., Lurie I.K.* Harmonization of digital elevation models and hydrographic network for basin delineation. *Geodesy and cartography.* 2019. No. 1. P. 94–101. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-94-101 (in Russian).
4. *Ermolaev O.P., Mal'tsev K.A., Mukharamova S.S., Kharchenko S.V., Vedeneeva E.A.* Cartographic Model of River Basins of European Russia. *Geography and Natural Resources.* 2017. Vol. 38. No. 2. P. 131–138.
5. *Ivlieva N.G., Manukhov V.F., Boriskin A.S., Erofeeva I.V.* The experience of creating a database in a GIS environment. *Geodesy and cartography.* 2020. No. 12. P. 43–49. DOI: 10.22389/0016-7126-2020-966-12-43-49 (in Russian).
6. *Kalinin V.G., P'yankov S.V.* *Primenenie geoinformacionnyh tekhnologij v gidrologicheskikh issledovaniyah.* Perm': AleksPress, 2010. 217 p. (in Russian).
7. *Lindsay J.B.* Whitebox GAT: A case study in geomorphometric analysis. *Computers & Geosciences.* 2016. Vol. 95. P. 75–84. DOI: 10.1016/j.cageo.2016.07.003.
8. *Novakovskij B.A., Prasolov S.V., Prasolova A.I.* Digital elevation models of real and abstract geofields. Moscow: Scientific World, 2003. 111 p. (in Russian).
9. *Rotanova I.N., Vedukhina V.G., Cimbalei Y.M.* Water-ecological mapping based on GIS-technology. *The world of science, culture and education.* 2009. No. 2 (14). P. 23–26 (in Russian).
10. *Somov S.V., Yakovenko L.I.* Sozdanie elektronnoj bazy po dannym spravochnika Gosudarstvennogo vodnogo kadastra (GVK) «Gidrologicheskaya izuchennost'». *Trudy VNIIGMI-MCD.* 2010. Iss. 174. Web resource: <http://meteo.ru/publications/116-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-174-2010-g/384-sozdanie-ele> (accessed 18.01.2022) (in Russian).
11. *Tikunov V.S.* *Modelling in cartography.* Moscow: Moscow University Press, 1997. 405 p. (in Russian).
12. *Vereshchaka T.V., Bilibina N.A., Kurbatova I.E.* The map of rivers basins, their importance and features of projection. *Geodesy and cartography.* 2014. No. 9. P. 9–15. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-891-9-9-15 (in Russian).
13. *Yamazaki D., Ikeshima D., Sosa J., Bates P., Allen G., Pavelsky T.* MERIT Hydro: A high resolution global hydrography map based on latest topography. *Water Resources Research.* 2019. Vol. 55. No. 6. P. 5053–5073. DOI: 10.1029/2019WR024873.