

УДК 528.92:004

С.М. Токарчук, Е.В. Москаленко, Е.В. Трофимчук**КОНЦЕПЦИЯ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГИС
БАСЕЙНА СРЕДНЕЙ РЕКИ БЕЛАРУСИ**

В статье рассматривается опыт создания региональной географической информационной системы (ГИС) на примере ГИС бассейнов рек Щара и Птичь. В статье приводятся результаты ГИС-анализа особенностей расположения бассейнов рек относительно единиц административно-территориального деления и физико-географического районирования Беларуси, концепция ГИС и примеры основных результатов использования ГИС в практических целях: (1) ГИС-анализ ландшафтного разнообразия бассейна реки Щара; (2) оценка экологического состояния малых водосборов бассейна реки Птичь.

Введение

Одним из наиболее перспективных направлений в области геоинформационных систем (ГИС) в настоящее время является создание региональных и локальных (ГИС), которые разрабатываются с целью создания пространственно-временной модели небольшой территории для выработки и принятия управленческих решений в различных областях деятельности. Это направление широко развивается в России и странах дальнего зарубежья, однако недостаточно представлено в Беларуси.

В настоящее время в Беларуси наибольшее внимание уделяется разработке и созданию ГИС республиканского и макрорегионального уровня, основанных на использовании существующего картографического и статистического материалов. Региональные и локальные ГИС, основой которых является изучение территорий меньшего уровня (бассейны рек, заповедники, города и т.д.), встречаются значительно реже. Таким образом, на современном этапе наиболее перспективным направлением в области использования геоинформационных систем является создание региональных и локальных ГИС-проектов на основе использования хорошо представленных пространственных данных крупных регионов и их территориальных единиц с последующим преобразованием информации применительно к другим, менее изученным территориям.

На основании литературных данных [1–3] были изучены основные *проблемные ситуации разработки и создания ГИС бассейнов рек*:

- 1) отсутствие четких границ (велика доля погрешности при выделении бассейнов на основе мелкомасштабных карт);
- 2) трансформация гидрографической сети в связи с наличием широко распространенной мелиорационной сети и системы каналов;
- 3) необходимость использования карт различных масштабов для создания тематических слоев (чем больше различаются масштабы карт, тем больше и погрешности, возникающие при составлении ГИС-проекта);
- 4) сложность использования статистических данных (возможность учитывать информацию только по точечным объектам);
- 5) распространение крупных рек Беларуси за её пределами (разрозненность частей бассейнов трансграничных рек и необходимость расширения объекта исследования, включая территории других государств);
- 6) сложность проведения оценочных исследований (оценка возможна на основе выделения малых водосборов, при помощи сетки квадратов или случайной выборки);
- 7) утрата актуальности данных (нехватка новых дополненных и исправленных источников информации).

С учетом вышесказанного, в настоящей работе была предпринята попытка разработки и создания региональной ГИС бассейна средней реки Беларуси на примере бассейнов рек Птичь (бассейн Припяти) и Щара (бассейн Немана).

Бассейны рек Щара и Птичь как объекты географического исследования. Целью изучения бассейнов рр. Щара и Птичь как объектов географического исследования являлся анализ особенностей расположения бассейнов рек относительно единиц административно-территориального деления и физико-географического районирования (ФГР) Беларуси. Исследование проводилось с использованием ГИС-пакета *ArcView GIS* со встроенными модулями *GeoProcessing Wizard*, *Geographic Transformer*, *XTools* и др.

Река Птичь протекает в Минской, Могилевской и Гомельской областях, являясь левым притоком Припяти. Общая длина реки составляет 421 км. Площадь водосбора 9 470 км².

Согласно результатам ГИС-анализа бассейн р. Птичь находится в пределах трех областей: Гомельской, Минской и Могилевской. Наибольшую часть занимает Минская область (53,1%), наименьшую – Гомельская (23,6%) и Могилевская (23,2%). Бассейн находится на территории 14 районов, один из которых (Глусский район) полностью находится в пределах бассейна. Наибольшую долю в пределах бассейна занимают Любанский район (38,6%), (который почти полностью находится в границах бассейна (98%)), Глусский (13,9%) (который полностью сосредоточен в границах бассейна), а также Стародорожский и Петриковский районы (13,7% и 13% соответственно). Незначительную часть занимают Октябрьский, Пуховичский, Осиповичский, Бобруйский, Минский, и Солигорский районы (от 3,6 до 9,5%); наименьшую долю от площади бассейна занимают Узденский, Житковичский, Дзержинский и Слуцкий районы (от 0,79% до 2,11%) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Положение бассейна реки Птичь относительно административно-территориальных границ Республики Беларусь

Согласно физико-географическому районированию бассейн р. Птичь располагается в пределах трех физико-географических провинций, 6 округов и 8 районов. Наибольшую площадь в бассейне занимает Предполесская провинция (56,6%), вторая по площади – Полесская (39,65%), наименьшая – Западно-Белорусская (3,78%).

Река Щара протекает в Брестской, Гродненской и Минской областях, являясь левым притоком реки Неман (самым большим по длине и вторым по водности притоком Немана в пределах Беларуси). Длина реки составляет 300 км, площадь водосбора – 6 730 км².

Согласно результатам ГИС-анализа бассейна можно выделить следующие особенности его географического положения: (1) бассейн реки находится в пределах 9 административных районов (Ивацевичский, Барановичский, Дятловский, Ляховичский, Зельвянский, Мостовский, Пружанский, Слонимский и Несвижский, в порядке убывания их площади в пределах бассейна соответственно от 38,6 до 0,5%), ни один из районов не расположен полностью в границах бассейна; (2) наибольшую площадь в пределах бассейна занимает Брестская область (65,5%), а наименьшую – Минская (0,5%); (3) в пределах бассейна выделяется 3 провинции, 4 округа и 6 районов физико-географического районирования; (4) самой большой провинцией по отношению к бассейну является Предполесская (46,2%), вторая по занимаемой площади Западно-Белорусская провинция (42%), наименьшую площадь занимает Полесская провинция (11,6%) (рисунок 2).

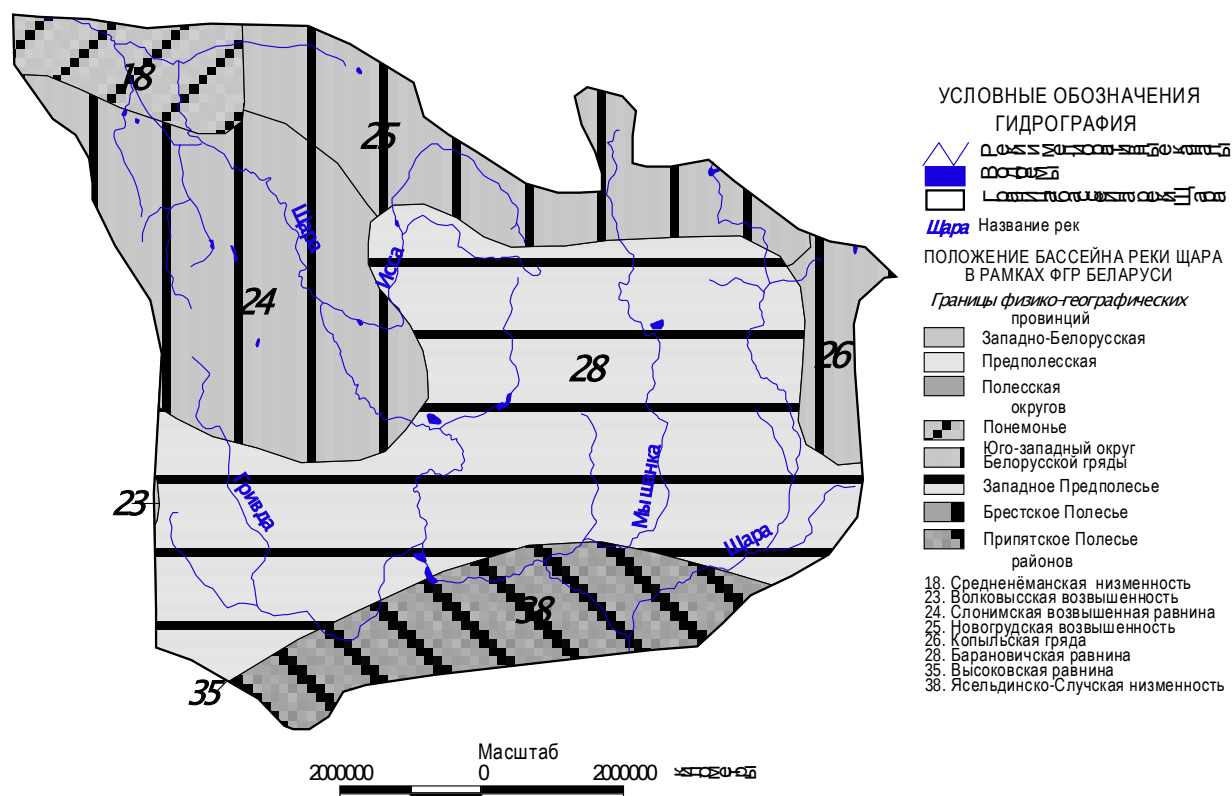


Рисунок 2 – Единицы физико-географического районирования Беларуси в пределах бассейна реки Щара

Концепция гидроэкологической ГИС бассейна средней реки Беларуси.

Концепция геоэкологической ГИС бассейна средней реки определяет: цели и задачи создания; принципы разработки и составления; функции геоэкологической ГИС бассейна; выбор и обоснование используемых программных средств для создания геоэкологической ГИС бассейна средней реки Беларуси; основные направления создания; структуру геоэкологической ГИС бассейна; основные этапы разработки и создания, методы ее распространения; перспективы создания и использования.

Основной *целью* создания региональной геоэкологической ГИС бассейна является сбор, обработка, систематизация, хранение и оценка пространственных данных, характеризующих различные аспекты природной, социально-экономической и экологической сред для получения обобщенной координатно-привязанной информации на региональном и локальном уровнях.

Основными *задачами* создания электронной геоэкологической ГИС бассейна средней реки являются:

- 1) сбор и обработка растрового картографического материала, характеризующего состояние природной, экологической и социально-экономической сред бассейна средней реки;
- 2) перевод в цифровую форму необходимых картографических изображений;
- 3) формирование атрибутивных и графических баз данных;
- 4) формирование системы информационных показателей – индикаторов состояния и оценки окружающей среды, агрегированных по территориальным уровням (города, административные районы, природные и хозяйственные комплексы);
- 5) организация технологии сбора исходной базовой, оперативной и ретроспективной информации о состоянии окружающей среды области;
- 6) формирование статистических баз данных, характеризующих состояние и динамику геоэкологических показателей окружающей среды бассейна;
- 7) создание на основе оцифрованных изображений новых карт;
- 8) компьютерная обработка данных и создание синтетических карт;
- 9) интеграция отраслевых потоков данных в единую систему информации.

Можно выделить следующие *принципы* разработки электронной геоэкологической ГИС бассейна: наглядность представления информации, территориальная целостность, комплексность, динамичность, актуальность, практическая значимость.

К основным *функциям* электронной геоэкологической ГИС бассейна средней реки относятся:

- 1) информационно-справочные, которые обеспечивают получение различной информации об объектах, процессах и явлениях рассматриваемого региона;
- 2) пространственного анализа, которые обеспечивают интегрированную обработку разнородной информации, полученной из различных источников;
- 3) моделирования, которые обеспечивают модельные решения по различным аспектам геоэкологического состояния и развития региона;
- 4) прогнозирования, которые обеспечивают разработку прогнозов состояния окружающей среды области при определенных сценариях развития;
- 5) оптимизации, которые обеспечивают формирование рекомендательных направлений по оптимизации природопользования и геоэкологического состояния окружающей среды бассейна средней реки.

Одним из важных аспектов разработки проекта является выбор и обоснование *программно-аппаратных средств*, используемых для создания ГИС. В результате анализа существующих программных средств была выбрана инструментальная среда ArcView GIS (ESRI, USA). ArcView GIS относится к классу ГИС-вьюверов, однако для решения поставленных задач возможности программы являются оптимальными.

Для этого использовался ряд встроенных модулей *ArcView GIS*, наиболее важными из которых являются *Geoprocessing* (используется для создания буферных зон, разбиения, пересечения, вырезания, объединения объектов разных тем), *Legend Tool* (используется при работе с легендой в компоновках), *Database Access* (обеспечивает непосредственный доступ к данным SDE), *Geographic Transformer* (решает проблемы привязки карт к географическим координатам). Из внешних модулей использовался *ArcView Spatial Analyst*, предназначенный для создания, отображения и анализа растровых данных в виде регулярной сетки (грид) (рисунок 3, 4).

Укрупненный перечень основных направлений разработки и создания гидроэкологической ГИС бассейна средней реки включает:

- 1) подробную характеристику топографической основы ГИС (рисунок 5, 6) [4];
- 2) физико-географическую характеристику бассейнов (рисунок 7, 8) [5];

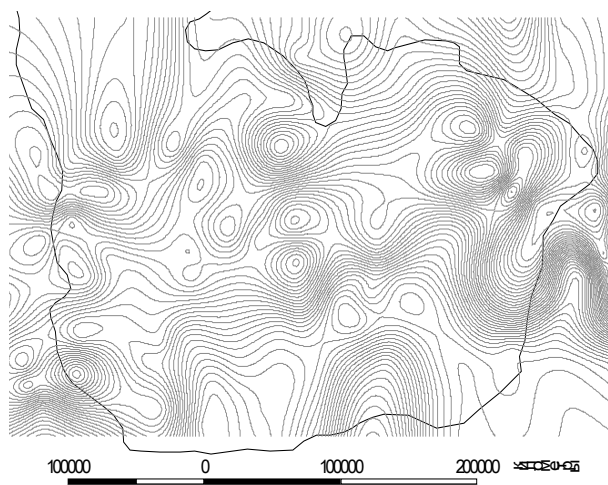


Рисунок 3 – Карта рельефа бассейна реки Щара, выполненная с помощью изолиний

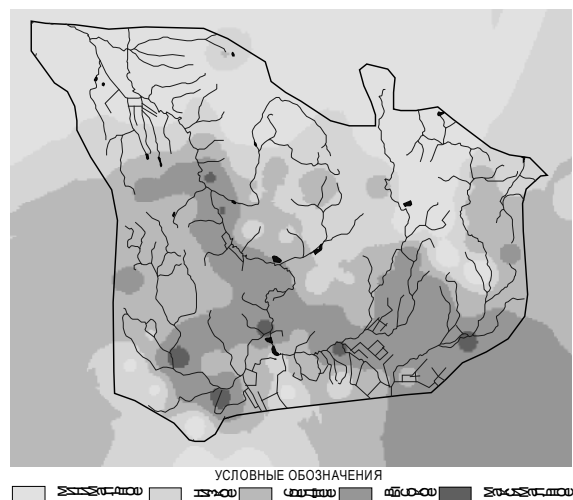


Рисунок 4 – Ландшафтное разнообразие бассейна реки Щара согласно индексу ландшафтной сложности

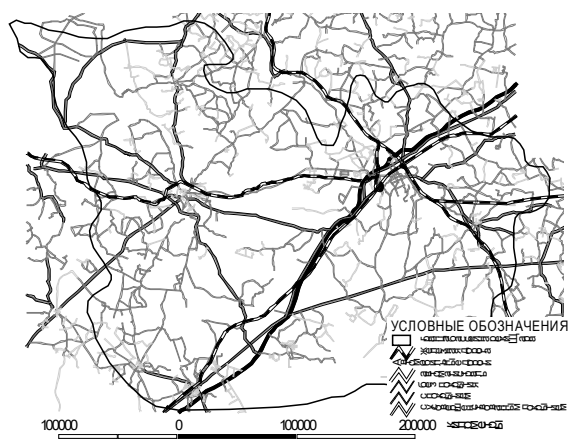


Рисунок 5 – Карта автомобильных и железных дорог бассейна реки Щара

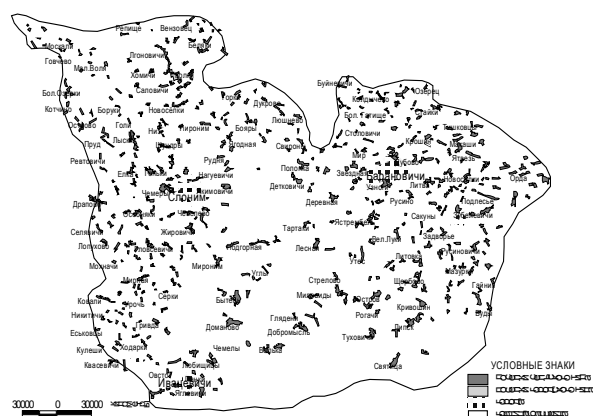


Рисунок 6 – Населенные пункты в границе бассейна реки Щара



Рисунок 7 – Тектоническая карта бассейна реки Птичь

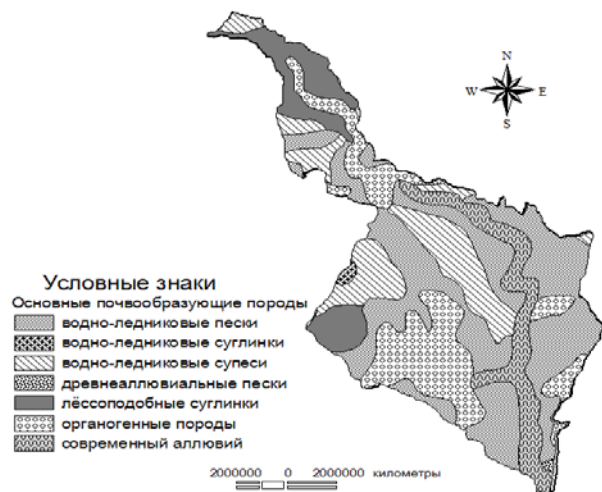


Рисунок 8 – Почвообразующие породы в пределах бассейна реки Птичь

- 3) краткую социально-экономическую характеристику;
- 4) характеристику экологического состояния бассейна;
- 5) характеристику природопользования района бассейна;
- 6) оценку природного ландшафтного разнообразия бассейна реки Щара (см. рисунок 4, рисунок 9) [6];
- 7) геоэкологический анализ современного состояния водосборов бассейна реки Птичь (рисунок 10, 11).

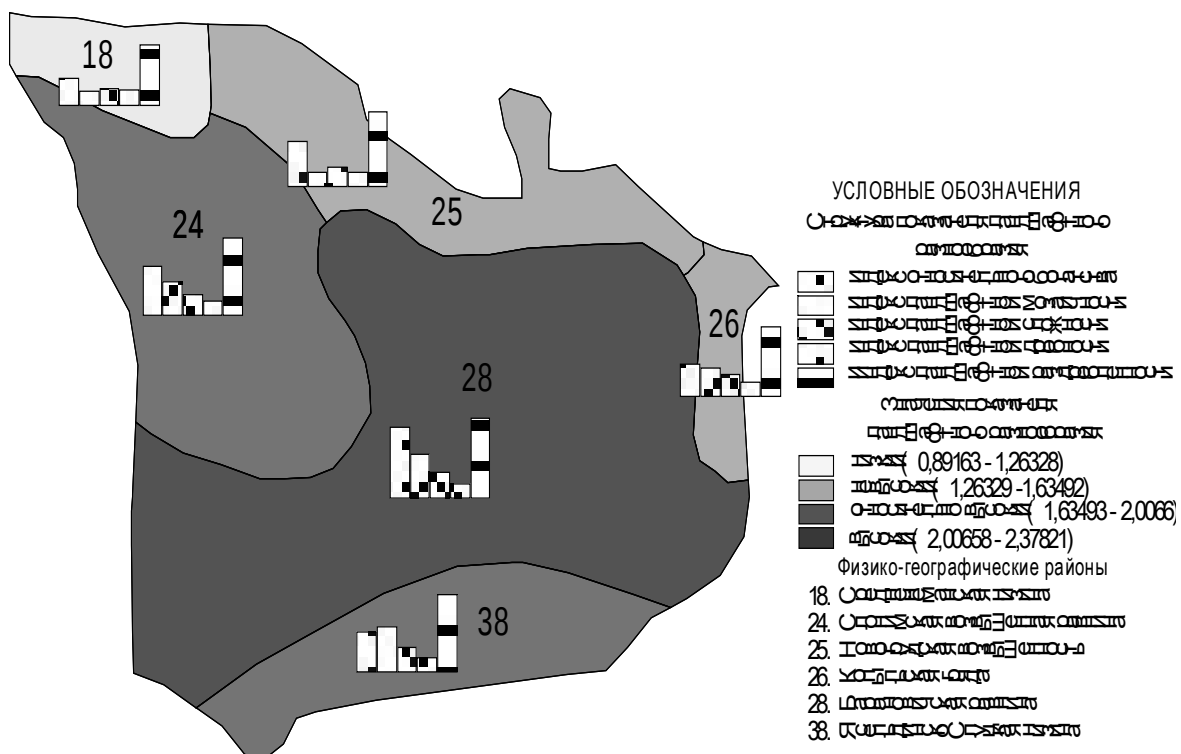


Рисунок 9 – Оценка природного ландшафтного разнообразия бассейна реки Щара по физико-географическим районам

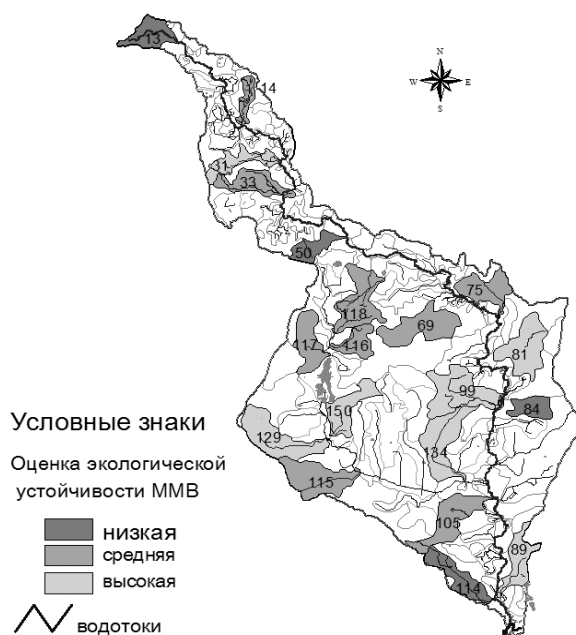


Рисунок 10 – Оценка экологической устойчивости малых модельных водосборов бассейна реки Птичь



Рисунок 11 – Типизация малых модельных водосборов бассейна реки Птичь по экологическому состоянию

Основными *этапами* разработки и создания электронной геоэкологической ГИС бассейна средней реки являются:

1) Разработка структуры геоинформационной системы.

Разработка и создание «Гидроэкологической ГИС бассейна средней реки Беларуси» характеризуется сложной *структурой*, представленной внутренней и внешней структурами.

Внешняя структура включает две базы данных: реляционную, которая содержит табличный материал и картографическую, в которой хранятся карты, картограммы и др. Статистическая (реляционная) база данных представляет собой легенду к полигональным векторным темам географической базы данных либо таблицы статистической информации, включающей расчетные первичные и интегральные показатели. Картографическая база данных охватывает географический блок, который включает тематические карты (см. рисунок 7, 8) и оценочный блок (см. рисунок 4, 9, 10, 11), содержащий синтетические и оценочные карты изучаемых территорий.

Внутренняя структура представляет схему хранения документов: (1) блок «Data» включает статистические и расчетные базы данных (в виде *Excel*, *Access*); (2) блок «Layers» хранит основные шейп-файлы и слои; (3) блок «Legends» содержит легенды к тематическим, оценочным и синтетическим картам; (4) блок «Raster» включает растровые карты; (5) блок «Maps makets» хранит готовые макеты карт и картосхем.

2) Сбор и обработка растрового картографического материала, характеризующего состояние природной, экологической обстановки бассейна. На данном этапе были выполнены следующие виды работ:

1) изучены и проанализированы литературные и картографические источники, содержащие необходимый картографический материал (карты, картосхемы и др.);

2) отсканированы и сохранены в формате *.tif картографические материалы, составляющие растровую основу геоинформационной системы;

3) разработана структура и сформированы макетные варианты атрибутивных таблиц на базе легенд тематических карт;

4) выполнена привязка растровых наборов данных к географической системе координат;

5) переведена на основе геоинформационных технологий в электронную форму ранее собранная растровая картографическая информация;

6) векторизация проводилась как автоматическим / полуавтоматическим, так и ручным способом;

7) векторизованные карты в виде группы файлов (*.dbf – файл хранит атрибутивные данные объектов, *.shp – файл хранит информацию о пространственных данных (геометрии координат) объектов, *.shx – файл хранит индекс геометрии объектов) используются в качестве рабочих слоев в *ArcView GIS*. На данном этапе было оцифровано более 30 карт для каждого бассейна.

3) Компьютерная обработка данных, создание синтетических оценочных карт, диаграмм и таблиц. Компонировка геоинформационной системы «Гидроэкологической ГИС бассейна средней реки». Необходимые цифровые материалы, а также данные для оценочных карт получаются на основе тематических карт с использованием модуля пространственных операций (*GeoProcessingWizard*), позволяющего сливать, объединять, вырезать и проводить другие операции над двумя темами одного вида. В данном исследовании проводится пересечение тематических карт (административно-территориального деления, ландшафтов), и карты бассейна реки и карт районирования Беларуси. Далее на основе полученных данных строились создавались таблицы, а также оценочные картосхемы, необходимые для проводимого исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрианов, В. Природные ГИС / В. Адрианов // *ArcReview*. Современные геоинформационные технологии. – 2006. – №4 (39). – С. 2.

2. Геладзе, В. Геоинформационная система бассейна р. Арагви / В. Геладзе // *ArcReview*. ГИС и окружающая среда. – 2004. – №4 (31). – С. 8.

3. Токарчук, С.М. Опыт создания гидроэкологической геоинформационной системы речного бассейна (на примере трансграничной части бассейна реки Западный Буг) / С. МТокарчук, О.В. Токарчук // *Вучоныя запіскі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна*. – Вып. 5, Ч. 2. – 2009. – С. 157–165.

4. Токарчук, С.М. Построение цифровой топографической основы для гидроэкологической ГИС бассейна средней реки / С.М. Токарчук, Е.В. Москаленко, Е.В. Трофимчук // *Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран : Сборник научных статей Второй международной научно-практической конференции, Могилев, 27–29 марта 2012 года* / МГУ имени А.А. Кулешова, г. Могилев : в 2 ч; под ред. И.Н. Шаруха, И.И. Пирожника, И.И.Бариновой. – Могилев : УО «МГУ имени А.А. Кулешова», 2012. – С. 223–226.

5. Москаленко, Е.В. Построение географической основы для гидроэкологической ГИС бассейна реки Птичь / Е.В. Москаленко // *XVI Республиканская научно-методическая конференция молодых ученых : сб. материалов: в 2 ч., Брест, 11 мая 2012 г.* / М-во образования Республики Беларусь, Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина ; под общ. ред. В.В. Здановича. – Брест : БрГУ, 2012. – Ч. 1. – 191 с. – С. 108-110.

6. Трофимчук, Е.В. Ландшафтное разнообразие бассейна реки Щара / Е.В. Трофимчук // *XVI Республиканская научно-методическая конференция молодых ученых: сб. материалов: в 2 ч., Брест, 11 мая 2012 г.* / М-во образования Республики Беларусь, Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина ; под общ. ред. В.В. Здановича. – Брест : БрГУ, 2012. – Ч. 1. – 191 с. – С. 119-121.

S.M. Tokarchuk, E.V. Moskalenko, E.V. Trofimchuk Concept of Hydroecological GIS of the Basin of Average River of Belarus

The article describes the experience of creation of regional geographical information system (GIS) on the example of GIS of rivers basin Shara and Ptich. The paper views the result of GIS-analysis of features of an arrangement basins of the rivers concerning units of administrative-territorial division and the physiographic division of Belarus., GIS concept and main results of use of GIS for practical purposes: (1) GIS-analysis of landscape diversity of the basin of the river of Shchara, (2) assessment of an ecological condition of small reservoirs of a river basin of Ptich.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 25.09.2013