



УДК 910.27

О.В. Токарчук¹, Е.В. Трофимчук²

¹канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
²учитель географии Брестского областного лицея имени П.М. Машерова

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКОЛОГО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ АТЛАС БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Реализована авторская концепция электронного атласа региона Беларуси для целей рационального использования и охраны поверхностных вод, основанная на бассейновом подходе; разработана структура и оформлены частные проекты региональной геоинформационной системы, на основе которой впервые скомпонован электронный эколого-гидрографический атлас Брестской области. Разработка может стать основой для дальнейшего изучения эколого-гидрологических проблем региона: при организации учебного процесса и научно-исследовательской работы студентов; в деятельности органов государственного управления в области природопользования и охраны окружающей среды; при организации научных исследований. Возможные области использования результатов – рациональное природопользование, охрана водных ресурсов, мониторинг окружающей среды.

Введение

Представляемый электронный эколого-гидрографический атлас Брестской области является результатом выполнения гранта БРФФИ (X13M-095). Объектом исследования является Брестская область Республики Беларусь.

Цель работы – создание электронного эколого-гидрографического атласа Брестской области посредством сбора, обработки, систематизации и оценки пространственных данных, характеризующих современное состояние и структуру гидрографической сети и бассейнового строения региона, а также наиболее важные с точки зрения формирования качества поверхностных вод аспекты природной, социально-экономической и экологической сред для получения обобщенной координатно-привязанной информации на региональном и локальном уровнях.

Методологической основой проведения работы является бассейновый подход, методической основой – геоинформационные технологии.

В ходе выполнения работы впервые для данного региона Беларуси разработана концепция электронного эколого-гидрографического атласа и сформирована его структура, обоснованы и выделены структуры гидрографической сети и бассейнового строения, создана электронная модель гидрографической карты, изучены и картированы геоэкологически значимые характеристики (основные природные средообразующие факторы и факторы антропогенной нагрузки) и создана их атрибутивная база данных в абсолютных и относительных (балльных) показателях в разрезе структур гидрографической сети и бассейнового строения, проведена группировка водосборов по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени потенциальной экологической опасности, обоснованы и картированы адресные предложения по рациональному использованию и охране поверхностных вод, проведена компоновка атласа, изучены перспективы дальнейшего развития исследований и практического использования результатов [1–5].

Описание разработки

Электронный эколого-гидрографический атлас Брестской области скомпонован в среде MikTex 2.9 в формате pdf (рисунок 1). Для верстки атласа использовался шаб-



лон электронных учебно-методических комплексов, создаваемых в Брестском государственном университете имени А.С. Пушкина. Такой выбор обусловлен несколькими причинами. Во-первых, использование официального шаблона упрощает работу по созданию электронного продукта и одновременно с этим указывает на ведомственную принадлежность авторов и учреждение, где атлас планируется использовать. Во-вторых, данный формат является достаточно простым и весьма распространенным программным обеспечением. В-третьих, в данном формате существует четкое деление пособия на страницы (в отличие от формата html), в связи с чем можно ссылаться не только на определенный раздел атласа, но и на конкретную страницу. В-четвертых, создание атласа в данном формате дает возможность при необходимости использовать его (либо его части) и в печатном виде.

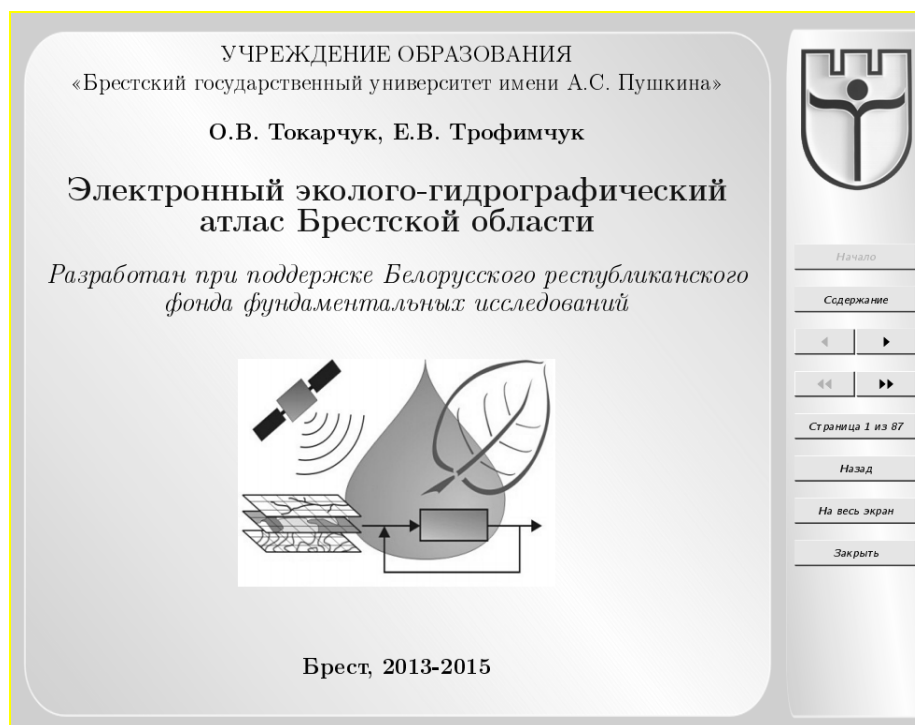


Рисунок 1. – Интерфейс программной оболочки электронного эколого-гидрографического атласа Брестской области

Навигационное поле программной оболочки представлено командами: «Начало» (приводит к отображению титульной страницы атласа); «Содержание» (приводит к отображению содержания атласа); «Вперед» и «Назад» (приводят к отображению следующей и предыдущей страниц); «Начало» и «Конец» (приводят к отображению первой и последней страниц); «Выбор страницы» (приводит к появлению контекстного меню для выбора номера страницы); «Назад» (приводит к отображению открытой ранее страницы); «На весь экран» (приводит к полноэкранному отображению страницы атласа); «Закреть» (приводит к закрытию атласа) (рисунок 1).

Атлас включает преимущественно картографический материал, различного типа (инвентаризационные, оценочные и синтетические карты) и уровня обработки. Основная содержательная часть атласа представлена пятью основными разделами (блоками): «Брестская область. Структуры гидрографической сети и бассейнового строения»; «Ос-



новные природные средообразующие факторы малых водосборов Брестской области»; «Основные факторы антропогенной нагрузки на малые водосборы Брестской области»; «Сравнительная геоэкологическая оценка малых водосборов. Эколого-гидрографическое районирование Брестской области»; «Направления рационального использования и охраны поверхностных вод».

Помимо основного содержания, атлас имеет вспомогательные разделы: «Пояснительная записка», «Концепция атласа», «Перспективы дальнейшей разработки и практического использования атласа», «Использованные источники», «Глоссарий».

Рассмотрим характерные особенности основных содержательных блоков атласа, а также особенности представленного здесь картографического материала.

Блок «Брестская область. Структуры гидрографической сети и бассейнового строения» представляют 7 карт. Общее представление о рельефе, гидрографии и крупнейших населенных пунктах области дает «Обзорная карта». Далее следует карта «Речные водосборы», отображающая важнейшие реки региона и их водосборные площади. Данная карта предвещает важнейшие результаты обоснования и выделения структур гидрографической сети и бассейнового строения региона, представленные на картах «Структуры гидрографической сети» и «Структуры бассейнового строения (малые водосборы)».

Карта «Структуры гидрографической сети» отображает порядки (2–5) и типы (естественная, искусственная) основных структур гидросети, представленные описываемыми в атласе структурами бассейнового строения. Основные структуры гидрографической сети даны на фоне других выделенных в ходе исследования структур, не представленных в атласе «рабочими» структурами бассейнового строения. Такая компоновка карты позволяет увидеть главные структуры, организующие сток воды с территории региона и представляющие больший интерес с точки зрения рационального использования и охраны поверхностных вод.

Карта «Структуры бассейнового строения (малые водосборы)» является ключевой картой атласа. Она раскрывает типологические единицы всего исследования – малые водосборы. В привязке к малым водосборам дается все последующее содержание эколого-гидрографического атласа (наложения на инвентаризационные карты природных средообразующих факторов и факторов антропогенной нагрузки, использованием в качестве основы для оценочных и синтетических карт). На карте отображены выделенные в ходе исследования два основных типа малых водосборов: частичные приречья (сочетают функции формирования и транзита стока воды) и частичные водосборы (выполняют стокоформирующую функцию) (рисунок 2). Особо выделен малый водосбор, не имеющий поверхностного стока, но характеризующийся ограниченным подземным стоком воды. Отдельно также показаны малые водосборы, формирование которых связано с антропогенным фактором (сток воды организуется по каналам). Карта сопровождается кратким описанием выделенных структур, представленным в табличной форме на отдельных листах атласа: отдельно для бассейнов Балтийского и Черного морей (дается полное название, тип структуры и ее обозначение на карте).

Далее следуют карты «Соотношение типов структур бассейнового строения речных водосборов» (раскрывает площадное соотношение частичных водосборов и частичных приречий в пределах 10 основных речных водосборов), «Количество структур бассейнового строения речных водосборов» (отображает типизацию основных речных водосборов по количеству их образующих малых водосборов). Карты представляют со-



бой пример ГИС-моделирования на основе разработанной в ходе исследования электронной модели гидрографической карты Брестской области.

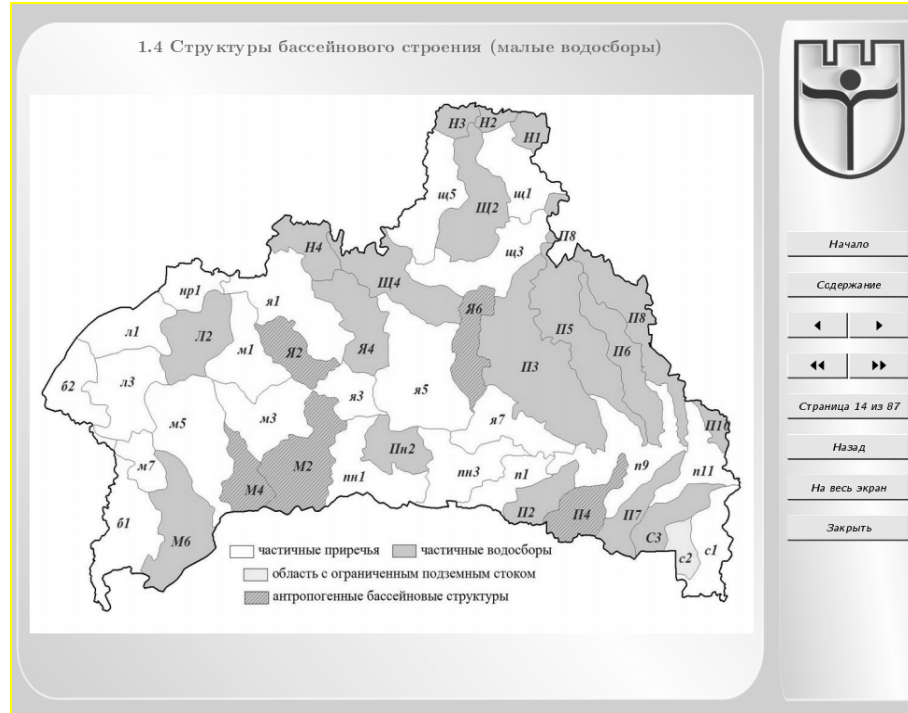


Рисунок 2. – Отображение карты «Структуры бассейнового строения (малые водосборы)» в электронном эколого-гидрографическом атласе Брестской области

Завершает блок карта «Соотношение малых водосборов и единиц административно-территориального управления», которая показывает административную принадлежность малых водосборов (относительно 16 административных районов области). Основные задачи карты – «привязать» процесс моделирования формирования стока к административным границам и показать «трансграничность» большинства структур бассейнового строения. Таким образом, карта является необходимой основой перехода от частного содержания атласа к его практическому использованию (принятие управленческих решений, разработка территориальных схем планирования и т.д.).

Блок «Основные природные средообразующие факторы малых водосборов Брестской области» представляют 15 карт. По особенностям создания все карты являются инвентаризационными и раскрывают территориальную неоднородность важных с точки зрения формирования стока воды природных характеристик региона. Карты, составляющие этот блок, по содержанию условно можно разделить на три группы: 1) геолого-геоморфологические карты, 2) карты климатических и гидрологических характеристик и 3) карты почвенно-растительного покрова.

Геолого-геоморфологические особенности региона представлены на 4 картах: «Дочетвертичные отложения», «Четвертичные отложения», «Горизонтальное расчленение рельефа», «Вертикальное расчленение рельефа». Первые 2 карты имеют подробные легенды. Следует отметить, что карты раскрывают значительную неоднородность литогенной основы региона в разрезе структур бассейнового строения и предоставляют возможность ее учета в процессе моделирования поверхностного стока воды.



Климатические и гидрологические характеристики региона представлены на 7 картах: «Годовые нормы температуры», «Годовые нормы осадков», «Высота снежного покрова», «Запасы воды в снеге», «Среднегодовой сток рек», «Максимальный сток рек», «Минимальный сток рек». Следует отметить, что, несмотря на относительно небольшие размеры, в пределах региона наблюдается неоднородность как метеорологических, так и гидрологических характеристик, обусловленная влиянием зональных (характеристики поступления солнечной радиации) и азональных (особенности рельефа и характер циркуляции атмосферы) факторов. Карты атласа дают возможность учета этих характеристик в процессе моделирования поверхностного стока воды в разрезе структур бассейнового строения.

Почвенно-растительный покров региона представлен на 4 картах: «Почвенный покров», «Леса», «Луга», «Болота», «Болота». Карты сопровождаются подробными легендами и раскрывают значительную неоднородность почвенно-растительного покрова в разрезе структур бассейнового строения.

Блок «Основные факторы антропогенной нагрузки на малые водосборы Брестской области» представляют 8 карт. По особенностям создания представленные карты являются инвентаризационными и синтетическими. Условно по содержанию карты блока можно разбить на две группы: карты населения и карты хозяйства.

Особенности размещения населения представлены на 2 картах: «Городские поселения» и «Сельские населенные пункты». Карты являются синтетическими, отражают географию населенных пунктов, а также количественные характеристики размещения населения в привязке к структурам гидрографической сети и бассейнового строения. Количество жителей в городских населенных пунктах региона показано методом естественных границ (приведены четыре градации по людности), в качестве дополнительной графической переменной при показе городов использован цвет (реализован «принцип светофора»). Карта «Сельские населенные пункты» помимо особенностей размещения сельских поселений отображает значительную неоднородность географии сельскохозяйственного освоения региона в разрезе структур бассейнового строения.

Особенности размещения хозяйства представлены на 6 картах: «Сельскохозяйственные земли», «Предприятия животноводства», «Промышленные центры», «Водозабор и использование вод», «Водоотведение», «Транспортная сеть». Представлены инвентаризационные и синтетические карты. Аграрно-индустриальный характер региона нашел отражение в последовательности карт атласа: вначале представлены карты, отражающие сельскохозяйственное освоение, после них расположена карта «Промышленные центры».

Инвентаризационными являются карты «Сельскохозяйственные земли», «Промышленные центры» и «Транспортная сеть». Они раскрывают значительную неоднородность основных направлений хозяйственного освоения региона (сельскохозяйственное, промышленное, транспортное) в разрезе структур бассейнового строения и предоставляют возможность ее учета в процессе моделирования условий формирования вод. Отчетливо прослеживаются малые водосборы, характеризующиеся однотипным характером хозяйственного освоения. Из карт также видно, что в пределах региона присутствуют водосборы, где преобладает одно направление хозяйственного освоения.

Синтетическими являются карты «Предприятия животноводства», «Водозабор и использование вод», «Водоотведение». Они соединяют несколько информационных слоев, позволяют сравнивать характеристики. Так, карта «Предприятия животноводства» отражает географию животноводческих комплексов региона в разрезе структур бас-



сейнового строения. Также показан уровень потенциальной угрозы от животноводческих комплексов, установленный в результате ГИС-анализа их близости к структурам гидросети (метод дистант) и расположения относительно типов грунтов по гранулометрическому составу.

Синтетические карты «Водозабор и использование вод» и «Водоотведение» отражают географию структур бассейнового строения относительно количественного фона общего водозабора, водозабора из поверхностных водных объектов, общего водоотведения, водоотведения в водные объекты в разрезе административных районов. Они раскрывают значительную территориальную неоднородность данных параметров и показывают направления управления объемами водозабора и водоотведения, профилактики истощения и загрязнения поверхностных вод.

Блок «Сравнительная геоэкологическая оценка малых водосборов. Эколого-гидрографическое районирование Брестской области» представляют 11 карт. По особенностям создания представленные карты являются оценочными. Условно по содержанию блок можно разбить на три части: оценка устойчивости малых водосборов, оценка антропогенной нагрузки на малые водосборы, оценка экологической опасности малых водосборов и эколого-гидрографическое районирование региона.

Оценка устойчивости малых водосборов представлена 5 картами, отражающими результаты равноинтервального ранжирования промежуточных показателей оценки (карты «Густота основной русловой сети», «Озерность малых водосборов», «Болотистость малых водосборов», «Лесистость малых водосборов», а также итоговой картой «Устойчивость малых водосборов», отражающей результаты равноинтервального ранжирования «суммы» промежуточных показателей, которая дополняется диаграммой «Структура показателей устойчивости малых водосборов»). Карты промежуточных показателей выполнены способом картограммы, итоговая карта – способом качественного фона.

Оценка антропогенной нагрузки на малые водосборы представлена 5 картами, отражающими результаты равноинтервального ранжирования промежуточных показателей оценки (карты «Доля городских территорий в пределах малых водосборов», «Доля территорий сельских населенных пунктов в пределах малых водосборов», «Распаханность малых водосборов», «Густота автомобильных дорог в пределах малых водосборов», а также итоговой картой «Антропогенная нагрузка на малые водосборы», отражающей результаты равноинтервального ранжирования «суммы» промежуточных показателей, которая дополняется диаграммой «Структура показателей антропогенной нагрузки на малые водосборы»).

Карты промежуточных показателей выполнены способом картограммы, итоговая карта – способом качественного фона. Следует отметить, что в качестве графической переменной при создании карт оценки устойчивости малых водосборов и антропогенной нагрузки на малые водосборы использовался соотносимый с картографируемым показателем цвет.

Итоговая оценка экологической опасности малых водосборов и эколого-гидрографическое районирование региона представлены общей картой «Сравнительная потенциальная экологическая опасность малых водосборов» (использованный «принцип светофора» отражает типы опасности малых водосборов), а также дополняющими ее матрицей типизации малых водосборов по степени экологической опасности (раскрывает алгоритм соотнесения характеристик устойчивости малых водосборов и антропогенной нагрузки на малые водосборы) и диаграммой «Соотношение малых водосборов,



характеризующихся различной степенью экологической опасности» (раскрывает количественное и площадное соотношение малых водосборов региона по типам сравнительной потенциальной экологической опасности).

Следует отметить, что весь блок предваряется принципиальной схемой сравнительной геоэкологической оценки малых водосборов и эколого-гидрологического районирования региона. Под районированием понимается объединение малых водосборов, однотипных по промежуточным или итоговым показателям оценки.

Блок «Направления рационального использования и охраны поверхностных вод» представляют 6 карт. Первая карта – «Соотношение лимитирующих факторов антропогенной нагрузки в пределах малых водосборов» – дает наглядное представление о значимости (в баллах предшествующей геоэкологической оценки) и сочетании основных факторов антропогенной нагрузки. В качестве лимитирующих показаны факторы, имеющие сравнительный балл оценки для региона 3 и выше. Карта дополняется таблицей «Направления снижения негативного воздействия лимитирующих факторов антропогенной нагрузки», в которой для каждого лимитирующего фактора приводятся уровень оценки, проблемная ситуация и рекомендуемые мероприятия.

Общее представление о сочетании лимитирующих факторов антропогенной нагрузки представлено на следующей карте – «Типизация малых водосборов по сочетанию лимитирующих факторов антропогенной нагрузки». Она дополняется диаграммой, отражающей соотношение числа и площадей малых водосборов, характеризующихся различными типами сочетаний лимитирующих факторов антропогенной нагрузки.

Далее следует карта «Количество лимитирующих факторов антропогенной нагрузки в пределах малых водосборов». Она дополняется таблицей, отражающей соотношение числа и площадей малых водосборов, характеризующихся различным количеством лимитирующих факторов антропогенной нагрузки. Следует отметить, что все описанные выше карты блока раскрывают значительную территориальную неоднородность лимитирующих факторов.

Далее следует карта «Рекомендации по оптимизации мониторинга качества вод малых водосборов», отражающая сеть существующих пунктов мониторинга (показан тип мониторинга) и рекомендуемые пункты комплексного мониторинга качества вод в замыкающих створах водосборов, характеризующихся «высокой» и «очень высокой» сравнительной потенциальной экологической опасностью и не обеспеченных действующими пунктами мониторинга. Карта дополняется таблицей «Рекомендуемые пункты комплексного мониторинга качества вод», которая раскрывает водный объект, географическую привязку и административный район рекомендуемых пунктов.

Далее следует карта «Водные объекты, сохранившие близкое к естественному состояние», на которой на фоне гидрографической сети и выделенных в ходе исследования структур гидрографической сети региона отражены ключевые озера и участки рек, требующие охраны.

Завершает раздел карта «Водные объекты, рекомендуемые к комплексной охране». На карте на фоне выделенных структур бассейнового строения отмечены озера и сохранившиеся в естественном состоянии участки рек, расположенные за пределами особо охраняемых природных территорий республиканского значения (данные территории также отмечены). Именно данные водные объекты (их части) требуют принятия первоочередных мер, направленных на комплексную охрану. Карта дополняется таблицами, отображающими название рекомендуемых к комплексной охране водных объектов, их географическую привязку, административную принадлежность и принадлеж-



ность к малому водосбору (водосборам). Следует отметить, что карты блока носят рекомендательный характер и требуют детализации рекомендуемых направлений рационального использования и охраны поверхностных вод.

Помимо основного содержания, атлас содержит вспомогательные разделы: «Пояснительная записка», «Концепция атласа», «Перспективы дальнейшей разработки и практического использования атласа», «Использованные источники», «Глоссарий».

Рассмотрим характерные особенности вспомогательных разделов атласа.

Раздел «Пояснительная записка» содержит краткие практические рекомендации по использованию атласа. Здесь содержатся описание команд навигационного поля, рекомендации по последовательности просмотра отдельных структурных частей (блоков) и карт атласа, раскрывается назначение других вспомогательных разделов атласа.

Раздел «Концепция атласа» раскрывает и поясняет цель создания атласа и решавшиеся в ходе его реализации задачи, их актуальность и новизну. Раскрываются связь атласа с разработанной в ходе его создания ГИС, а также научная идея (гипотеза) проведенного исследования, его новизна. Особое внимание в разделе уделяется краткому описанию этапов проведенного исследования. Завершает раздел описание научной значимости реализованной в ходе выполнения научно-исследовательской работы концепции электронного эколого-гидрографического атласа региона.

Раздел «Перспективы дальнейшей разработки и практического использования атласа» раскрывает основные направления улучшения содержательной и функциональной частей электронного эколого-гидрографического атласа Брестской области. Особое внимание уделяется описанию возможностей его практического применения:

- 1) при организации учебного процесса и научно-исследовательской работы студентов, обучающихся по географическим и природоохранным специальностям;
- 2) в деятельности органов государственного управления в области природопользования и охраны окружающей среды при разработке территориальных комплексных схем охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
- 3) в деятельности научных учреждений при проведении исследований по биосферно-совместимому природопользованию в ходе осуществления мониторинга природной среды, при разработке и реализации региональных проектов в сфере охраны природы.

В разделе «Использованные источники» приводятся основные источники (картографические, справочные, интернет-источники), материалы которых были использованы при разработке электронной модели гидрографической карты Брестской области и создании отдельных проектов ГИС «Эколого-гидрографическая характеристика Брестской области» (проекты «Природные средообразующие факторы», «Факторы антропогенной нагрузки», «Геоэкологическая оценка и эколого-гидрографическое районирование», «Направления рационального использования и охраны поверхностных вод») и последующей разработке содержания карт атласа.

Раздел «Глоссарий» содержит определения важнейших понятий атласа: «Электронный атлас», «Речной водосбор», «Гидрографическая сеть (гидросеть)», «Порядок структур гидросети», «Речной бассейн», «Бассейновое строение», «Малый водосбор», «Частичный водосбор», «Частичное приречье», «Устойчивость малых водосборов», «Антропогенная нагрузка на малые водосборы», «Потенциальная экологическая опасность малых водосборов», «Лимитирующий фактор антропогенной нагрузки», «Комплексный мониторинг качества вод», «Комплексная охрана водных объектов».



Заклучение

Представленный атлас внедрен в учебный процесс Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина в качестве электронного учебного издания. Он используется при изучении условий формирования поверхностных вод Брестской области, проблем рационального использования и охраны поверхностных вод региона, для популяризации бассейнового подхода к управлению водными ресурсами. Разработка может стать основой для дальнейшего изучения эколого-гидрологических проблем региона, в том числе при организации учебного процесса и научно-исследовательской работы студентов, в деятельности органов государственного управления в области природопользования и охраны окружающей среды, при организации научных исследований. Возможные области использования результатов – рациональное природопользование, охрана водных ресурсов, мониторинг окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токарчук, О. В. Разработка концепции и формирование структуры электронного эколого-гидрографического атласа Брестской области / О. В. Токарчук // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2013. – № 2. – С. 94–99.
2. Токарчук, О. В. Оценка потенциала развития водного экотуризма территорий активного хозяйственного освоения (на примере Брестской области). Обоснование методики / О. В. Токарчук // Эко- и агротуризм: перспективы развития на локальных территориях : сб. науч. ст. / редкол.: В. И. Кочурко (гл. ред.), В. Н. Зуев (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2013. – С. 218–229.
3. Токарчук, О. В. Опасные дожди как фактор формирования эколого-гидрологической обстановки региона (на примере Брестской области) / О. В. Токарчук // Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций : сб. тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Минск : КИИ, 2013. – С. 209.
4. Токарчук, С. М. Разработка и создание электронных экологических атласов / С. М. Токарчук, О. В. Токарчук // Актуальные проблемы экологии : материалы IX междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 23–25 окт. 2013 г. : в 2 ч. / ГрГУ имени Я. Купалы ; редкол.: И. Б. Заводник (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2013. – Ч. 2. – С. 181–183.
5. Токарчук, С. М. Методические основы создания региональных электронных эколого-географических атласов / С. М. Токарчук, О. В. Токарчук, Е. В. Трофимчук // Псков. регионолог. журн. – 2015. – № 22. – С. 95–110.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 12.10.2015

Tokarchuk O.V., Trofimchuk E.V. Electronic Ecological-Hydrographical Atlas of Brest Region

The project is realized author's concept of the electronic atlas region of Belarus for the purpose of sustainable use and protection of surface water based on basin approach. When performing work has been developed structure and created private projects regional information system on which first implemented electronic ecological and hydrographic atlas of the Brest region. Atlas may become the basis for further study of ecological and hydrological problems of the region, including in the educational process and research work of students, in of government activity in the field of nature use and environmental protection, the organization of scientific research. Possible areas of use of the results: environmental management, protection of water resources, environmental monitoring.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант X13M-095)