

УДК 504.5+911.6+911.9

И.Н. Ротанова, В.Г. Ведухина, О.В. Ловцкая, Н.Ю. Курепина
ИВЭП СО РАН, Барнаул

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОПЫТ НА ПРИМЕРЕ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА

Использование ГИС позволяет решать задачи, связанные с вопросами формирования географической основы информационной системы крупного речного бассейна и обработкой данных предметных областей, нередко междисциплинарного содержания. Представлен опыт создания двухуровневой ГИС Обь-Иртышского бассейна для решения ряда информационно-справочных и аналитико-оценочных задач, связанных с проблемами водно-экологической безопасности, в том числе: характеристики условий формирования вод, физических и химических характеристик стока; анализа аномалий стока (перемерзания, пересыхания); оценки качества поверхностных вод, их пригодности для питьевого водоснабжения; характеристики источников и степени загрязнения воды; зонирования речного бассейна по степени паводковой опасности; прогноза водности водных объектов.

I.N. Rotanova, V.G. Vedukhina, O.V. Lovtskaya, N.Yu. Kurepina
IWEP SB RAS, Barnaul

GEOINFORMATION SYSTEMS FOR SOLVING THE PROBLEMS OF WATER-ECOLOGICAL SAFETY (THE OB'-IRTYSH BASIN AS A CASE STUDY)

GIS application enables to solve the tasks related to forming the geographical base of the information system for a large river basin as well as processing domains' data, often interdisciplinary ones that is topical for solving the problems of water-ecological safety. The paper presents the experience gained in the construction of two-level GIS for the Ob'-Irtysch basin to solve a set of information-reference and analytical – evaluation tasks related to water-ecological safety, conditions of water formation, physical and chemical characteristics of runoff, runoff analysis (freezing, drying up, bogging), assessment of surface water quality and suitability for drinking supply, characteristics of sources and level of water pollution, the river basin zoning by the level of flood threat and forecast of water content in water objects.

Бассейн крупной речной системы представляет собой сложное, но иерархически упорядоченное природное образование, что дает возможность применения геоинформационных технологий для решения задач, связанных с моделированием и оценкой ситуаций в водосборном пространстве. В

современных условиях крупные речные бассейны подвержены значительному техногенному воздействию, что нередко создает напряженные обстановки, в том числе возникновение водно-экологических проблемных ситуаций. Для сбора информации в границах водосборного бассейна, ее компьютерной обработки и анализа применяются географические информационные системы (ГИС).

Примером разработки информационно-картографической системы для решения проблем водно-экологической безопасности является геоинформационное обеспечение оценки состояния поверхностных вод и водосборных территорий в Обь-Иртышском бассейне, который по площади является самым большим в России (около 3 млн. кв. км, немногим менее 15% территории страны). Обь-Иртышский бассейн объединяет территории с широким природно-климатическим диапазоном, его орография разнообразна и сложна, гидрологические условия и режим, а также гидрохимические характеристики имеют значительные различия. Ресурсы поверхностных водотоков составляют 400-300 км³/год при минимальном и максимальном процентах обеспеченности (третий по водоносности бассейн России). Несмотря на суммарную достаточность водных ресурсов в Сибири, в целом, в ряде административных регионов обострены водохозяйственные и экологические проблемы. Проблемы водно-экологической безопасности связаны с водоснабжением населения качественной питьевой водой, они осложнены загрязнением природных вод и нерациональным использованием водных ресурсов.

Использование ГИС позволяет решать задачи, которые можно разделить, как минимум, на связанные с вопросами формирования географической основы информационной системы крупного речного бассейна и с обработкой данных предметных областей.

Фундаментом графической части ГИС крупного речного бассейна является картографическая основа, которая включает, в первую очередь, топографическое информационное наполнение. При этом используются разномасштабные ряды топографических карт, покрывающих полностью всю территорию бассейна с подробностью, необходимой для решения поставленных задач. Информационное содержание цифровой картографической основы в ГИС разделяется по слоям, описывающим соответствующие объекты и явления.

В рамках информационно-картографического блока ГИС рассмотрена задача использования совокупности географических карт различного содержания как источников данных для формирования баз данных и базы метаданных. Карты применяются в качестве структурно-организующего элемента информации в базах данных. Организация информационно-картографического блока основывается на применяемой системе классификации карт.

Для решения информационно-справочных и аналитико-оценочных задач, связанных с проблемами водно-экологической безопасности, разрабатывается двухуровневая междисциплинарная интегрированная ГИС (МИ ГИС) Обь-Иртышского бассейна. На базе картографической основы масштаба 1:1 000 000

создается реестровая ГИС (первый уровень). Она строится и содержит слои, предписанные государственным водным реестром и национальным стандартом, а также задачами проектируемой МИ ГИС, служит в качестве управляющего блока, обеспечивая интерфейс доступа пользователя к базам данных, проблемно-ориентированным ГИС и математическим моделям; интерфейс визуализации и анализа данных с целью выработки необходимых решений [1].

Объектный уровень МИ ГИС (второй уровень) строится, в первую очередь, на бассейновой структуре, представляющей собой гидрографические единицы в определенной порядковой иерархии [2, 3]. Выделение гидрографических единиц основано на гидрографо-географическом подходе к районированию и осуществлено ФГУП «Центр Регистра и Кадастра» Росводресурсов [4, 5]. К объектам МИ ГИС относятся также субъекты РФ и единицы водохозяйственного деления, представляющие собой систему водохозяйственных округов, районов и участков (ВХУ). В Обь-Иртышском бассейне согласно [5] выделено 72 ВХУ. Для решения практических задач в различных природных зонах бассейна были определены модельные ВХУ, для которых созданы ГИС второго уровня. Каждая ГИС модельного ВХУ разработана как подсистема реестровой ГИС для сбора, обработки, управления данными ВХУ и использования в системах поддержки принятия управленческих решений. ГИС-проекты модельных ВХУ обладают возможностями накопления, хранения информации и ее тематической обработки в целях представления итоговых документов и реализованы на платформе ArcGIS. Структурно ГИС-проект модельных ВХУ Обь-Иртышского бассейна состоит из трех блоков: блока базы геоданных; блока визуализации и аналитического блока. Методология картографирования определяется уровнем научного знания в сфере водно-экологической безопасности, программно-техническим потенциалом, доступностью визуального восприятия информации человеком, что в сочетании с атрибутивными данными делает возможным выполнение пространственного анализа территориальных структур водных объектов.

Серия тематических карт, построенных на данных ГИС, включает: ситуационные, оценочные, исполнительные и прогнозные карты, отражающие отдельные аспекты и проблемы водно-экологической безопасности. К созданным ситуационным картам относятся карты аномалий стока (перемерзания, пересыхания), характеризующие вероятность возникновения гидроэкологических рисков и потенциал хозяйственного использования водных объектов. В основу построения карт положена методика картографирования опасности и риска маловодья на реках [6]. Составлены карты, отображающие ареалы с различной эпизодичностью перемерзания и пересыхания рек. Эти явления и процессы обусловлены природными условиями бассейнов рек. В используемой методике в качестве оперативной единицы картографирования выбраны водные объекты в границах ВХУ. Перемерзание и пересыхание различной эпизодичности выявляется для водных объектов на основе анализа средних месячных расходов воды для лет с различной обеспеченностью (маловодных, средних и многоводных). К постоянно пересыхающим и

перемерзающим водным объектам относятся те, на которых наблюдается постоянное отсутствие расходов воды (в 80-90% случаев) в течение каждого периода года с той или иной обеспеченностью, к эпизодически перемерзающим и пересыхающим – реки с периодическим отсутствием расходов (менее 80% случаев), и к не пересыхающим и не перемерзающим относятся реки, где данные явления отсутствуют. Распространение полученных результатов на гидрологически неизученные водные объекты в границах ВХУ было произведено на основе метода аналогий. Выделенные однопорядковые водные объекты были сгруппированы по особенностям ландшафтной структуры (провинциального деления) и объединены по площади и по особенностям питания. Карты составлены для трех ВХУ (р. Алей; оз. Чаны; р. Ишим), на которых наблюдаются данные процессы.

Комплект оценочных карт включает карты зонирования водосборной территории по степени паводковой опасности. На них отображены территории, где наводнения являются наиболее опасными и часто происходящими событиями. Показателями паводковой опасности являются: повторяемость превышения уровня воды в паводок критического уровня (%) и мощность паводка, определяемая превышением максимальных зафиксированных уровней над критическим (в метрах) и максимальным временем стояния воды выше критического уровня за год (в сутках) [7]. Для ВХУ показатели паводковой опасности были рассчитаны с учетом ряда положений. За критический уровень принят уровень выхода воды на пойму. Расчет проводился по водомерному посту, расположенному на главной реке ВХУ. В случае нескольких постов расчет проводился по расположенному ниже по течению. В случае отсутствия водомерных постов на главной реке расчет производился по бассейну-аналогу с наличием водомерного поста на главной реке бассейна-аналога. Превышение максимальных зафиксированных уровней над критическим рассчитывалось пропорционально площади сравниваемых бассейнов. Для оценки превышения принята шкала из ступеней: данные отсутствуют, неопасные, мало опасные, умеренно опасные, опасные, весьма опасные и чрезвычайно опасные. Вероятность превышения уровней начала подтопления также оценена 7-ю степенями и выражается в %.

Оценочные карты природного и техногенного загрязнения поверхностных вод включают две сюжетные составляющие: первая посвящена отображению техногенного загрязнения поверхностных вод и водосборного бассейна, вторая – характеристике и свойствам природных компонентов, которые рассматриваются в качестве источников привнесения природных веществ, принимаемых как загрязнение. Карты техногенного загрязнения отображают основные взаимосвязанные характеристики: источники загрязнения поверхностных вод (их локализацию и количественную характеристику) и качество воды по УКИЗВ согласно данным Гидрометслужбы.

В основе отображения источников воздействия положена их классификация по особенностям поступления загрязняющих веществ в водные объекты. В соответствии с этой классификацией все источники воздействия характеризуются прямым или/и опосредованным воздействием на

поверхностные воды. В качестве основных источников рассматриваются: промышленные и автотранспортные выбросы; водоотведение сточных вод различными предприятиями; утечки из инженерных сооружений; поверхностный смыв с территорий промышленных площадок и населенных пунктов; использование средств химизации в сельском хозяйстве; места хранения твердых промышленных, коммунально-бытовых и животноводческих отходов.

Оценочные карты природного загрязнения отображают условия миграции химических элементов в почвах в зависимости от свойств почв и характера структуры почвенного покрова, с одной стороны, и модуль стока тяжелых металлов и ряда макроэлементов для различных типов почв, с другой. Модуль стока дан, исходя из природного содержания водорастворимой формы элементов в различных типах почв и, таким образом, характеризует фоновую геохимическую обстановку. В качестве источника загрязнения его можно рассматривать в случаях, когда вынос загрязняющих веществ приводит к концентрациям веществ в воде, превышающим ПДК.

На картах прогнозного изменения водности речного бассейна на период 20 лет с учетом влияния природно-климатических и антропогенных факторов отображены средние многолетние годовые расходы воды (норма стока) различной обеспеченности для настоящего времени (2010 г.), 2020 и 2030 гг. Построение карт выполнялось на основе гидрологических расчетов. Прогнозный расчет водности выполнен:

- Для норм стока настоящего времени (данные до 2008 г.) на основе кривых распределения вероятностей стока, с учетом репрезентативности рядов;
- Для прогнозируемых норм стока в 2020 и 2030 гг., полученных на основе линейных трендов.

В качестве стандартных квантилей кривых распределения вероятностей стока выбраны следующие: для многоводных лет – 1%, 25%; для маловодных лет, периодов, сезонов и месяцев – 90%, 99%; для средних по водности лет – 50% согласно [8]. Для отображения использован метод диаграмм, отнесенных к репрезентативным (длиннорядные посты) гидрологическим створам.

ГИС модельных ВХУ и созданные карты предназначены для планирования и реализации водохозяйственных и водоохраных мероприятий; для подготовки предложений по регулированию водопользования в Обь-Иртышском бассейне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ловцкая, О.В. ГИС «Реестр водных объектов Обь-Иртышского бассейна» / Ловцкая О.В., Марусин К.В., Балдаков Н.А // Материалы Третьей всероссийской конференции с международным участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов». – Барнаул: ООО «А.Р.Т.», 2010. С. 527 – 529.
2. Приказ МПР России от 25.04.2007 N 112. Об утверждении Методики гидрографического районирования территории Российской Федерации", зарегистрирован Минюстом России 23.05.2007, регистрационный N 9538.

3. Гидрографическое районирование территории Российской Федерации. Книга 1. – М. НИА-Природа, 2008. – 541 с.
4. Об утверждении методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов. Приказ МПР РФ. 04.07.07 № 169.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2006 г. N 883 "О порядке разработки, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов, внесения изменений в эти схемы" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2007, N 5, ст. 651).
6. Гидрометеорологические опасности. Тематический том. / Под. ред. Г.С. Голицина. А.А. Васильева. – М.: Издательская фирма "КРУК", 2001. – 296 с.
7. Гидроэкология: теория и практика. (Проблемы гидрологии и гидроэкологии, вып. 2) / Под ред. Н.И. Алексеевского: Географический факультет МГУ, 2004. – 507 с.
8. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.

© *И.Н. Ротанова, В.Г. Ведухина, О.В. Ловцкая, Н.Ю. Курепина, 2011*