

УДК 004.6:504.05:628.1

С.Л. ВАСИЛЕНКО, доктор технических наук
Коммунальное предприятие «Харьковводоканал»

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Розглянуто питання підвищення екологічної безпеки водопостачання та водовідведення на підставі впровадження інформаційно-керованих систем, ГИМС-технологій та технічних засобів.

Ключові слова: управління, питне водопостачання, екологічна безпека, інформаційні технології.

Рассмотрены вопросы повышения экологической безопасности водоснабжения и водоотведения на основе внедрения информационно-управляющих систем, ГИМС-технологий и технических средств.

Ключевые слова: управление, питьевое водоснабжение, экологическая безопасность, информационные технологии.

The questions of increasing ecological safety for water and wastewater systems are considered on the basis of introduction informative-managing systems, GIMS-technologies and hardwares.

Keywords: management, drinking water supply, environment, information technologies.

Краткий обзор и постановка задачи. Информационные технологии и географические информационные системы (ГИС) – эффективное направление реализации управленческих задач с элементами пространственного распределения информации на основе картографии-интеграции данных о различных видах деятельности [1]. В их основе лежат методы и средства компьютерной техники, программного обеспечения и коммуникаций.

Известно применение ГИС-технологий для оценивания экологической безопасности водоснабжения (ЭБВ) [2], комплексного расчета рисков жизнедеятельности [3] и др. Подобные задачи увязываются с регулированием водных ресурсов, управлением региональными системами водных объектов [4], водоснабжения и водоотведения. Одновременно ГИС выступают как средство получения новой информации и знаний об изучаемых явлениях [5].

Преимущество ГИС-технологий наглядно проявляется при исследовании негативного влияния распределенного стока на источники водоснабжения и его предупреждения путем внедрения противоэрозионных мероприятий. Так, для реализации планов по защите водных объектов США от диффузного загрязнения создано более 4000 организаций при Агентстве охраны окружающей среды [6].

Большое внимание уделяется вопросам информатизации управления предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства [7; 8].

Однако работы в этой сфере проводятся, как правило, на отдельных объектных компонентах, без их надлежущей системной проработки.

Задачей данного исследования является развитие методологических основ в применении ГИС-технологий для мониторинга и прогнозирования экологически небезопасных процессов, связанных с водоснабжением и водоотведением.

Применение ГИС-технологий и компьютерной картографии в задачах управления ЭБВ. Информатизация процесса управления ЭБВ предполагает единообразное, структурированное и унифицированное описание предметной области на основе системы поддержки принятия решений, включающей базовые блоки информационных технологий (рис. 1).

Дадим определение: информационная система обеспечения ЭБВ – организационно упорядоченная совокупность массивов документов, информационных технологий и средств их обеспечения, которые реализуют информационные процессы при управлении водохозяйственными и экологическими рисками в сфере питьевого водоснабжения и водоотведения.

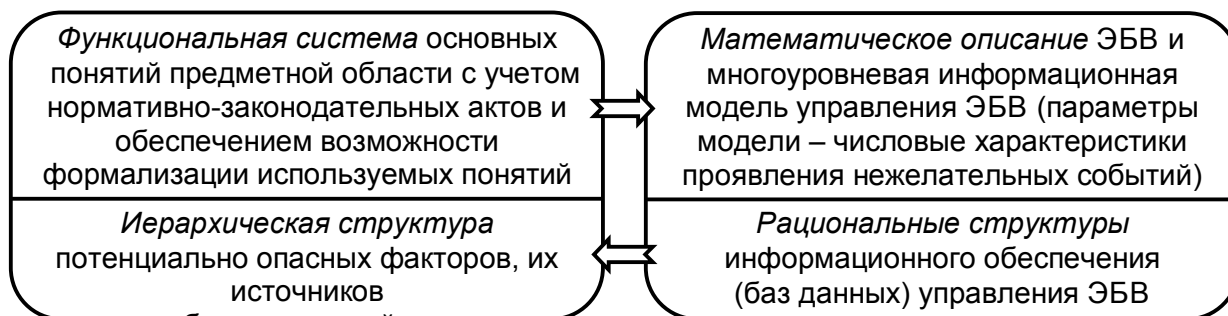


Рис. 1. Базовые блоки информационных технологий управления ЭБВ

Функционально информационная система создается, прежде всего, для удовлетворения информационных потребностей лиц, принимающих решения по вопросам управления ЭБВ. Средствами обеспечения выступают программные, технические, лингвистические и иные формы. Составной частью управления водной безопасностью является экологический и водохозяйственный менеджмент

В организационно-техническом плане информационное обеспечение ЭБВ и может быть составной частью интегрированной системы, создаваемой для поддержки деятельности органов государственного управления. Специфика информационного обеспечения водной безопасности находит свое выражение в уточнении состава информационных ресурсов и особенностях аналитической обработки данных с акцентированием на моделирование и прогнозирование.

Создание информационно-моделирующих систем является важным компонентом формирования экологически безопасных условий централизованного водоснабжения и водоотведения. Они необходимы для комплексной оценки состояния главных элементов системы и влияющих факторов по направлениям: источники загрязнения поверхностных вод, качество питьевой воды, распределительные сети и т.п. Эффективный мониторинг обусловленных этими факторами процессов необходим не только для управления ЧС (как это было при аварии на очистных сооружениях г. Харькова в 1995 г.), но и выбора стратегии водоснабжения, обеспечивающей сбалансированное развитие регионов.

Прогрессивной формой организации такого фонда является применение программных модулей специализированных географических информационных систем (ГИС) и создание электронных компьютерных карт для хозяйственных и управленческих структур водной отрасли.

Географические информационные системы и технологии. Результаты мониторинга источников и объектов водоснабжения всегда имеют географическую привязку. Поэтому наиболее приемлемый способ организации сведений об их состоянии основывается на полнофункциональных ГИС, предназначенных для анализа событий и создания электронных карт.

ГИС наиболее естественно отображают пространственные данные и объединяют обычные операции при работе с базами данных (запрос и статистический анализ) с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) картографического анализа.

Это дает широкие возможности для применения ГИС в решении большого спектра задач по анализу явлений и событий, прогнозированию их возможных последствий, планированию и принятию решений и др.

Известно много разработок ГИС-платформ, из которых в Украине наиболее популярны Map/Info, Arc/Info, GeoDraw, Arc/View, анализ данных дистанционного зондирования с помощью IDRISI, ERDAS и др. Они постоянно модернизируются, поэтому одновременно существует несколько различных версий. Во многих отношениях ГИС – это типичная система управления базами данных, которая обеспечивает решение разнообразных задач: подготовку интегрированной информации, создание электронных карт, имитационное моделирование и оценку экологических рисков, обработку данных мониторинга и др.

Организация ГИС. Основные положения технического задания к возможностям ГИС представлены на рис. 2. Информация, которая включается в состав ГИС, состоит из двух основных подсистем: базовой и тематической.

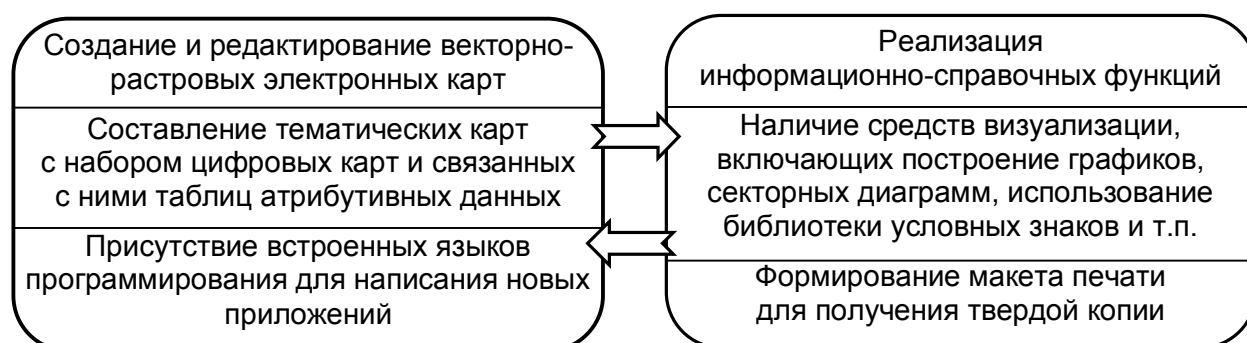


Рис. 2. Градация основных требований тех. задания к ГИС на создание электронных карт для решения экологических и водохозяйственных задач

Базовая информация представляет собой лицензированные электронно-топографические карты Украины (М 1:500000) и регионов (М 1:200000), отвечающие требованиям точности, объективности, сопоставимости и обеспечивающие комплексное мелкомасштабное картографирование.

Топографические карты. Карты образуют различные базовые слои: математические элементы, компоненты плановой и высотной основы, рельеф суши, населенные пункты, гидрография и гидротехнические сооружения, промышленные и сельскохозяйственные объекты, транспортная сеть и дорожные сооружения, растительный покров и грунты, административно-территориальное устройство территорий, природные явления и объекты. Как носитель экологической информации

топографические карты имеют ряд достоинств [5] и отличительных особенностей (рис. 3).

Анализируя топографические карты, можно провести предварительную оценку антропогенных нарушений водосборной территории по основным типам использования земель, а также получить ряд экологически значимых показателей в части техногенного влияния на водные объекты.

Тематические слои. Базовый блок дополняется тематическими слоями, совокупно характеризующими экосистему поверхностных вод и различные среды, с которыми она взаимодействует (рис. 4).

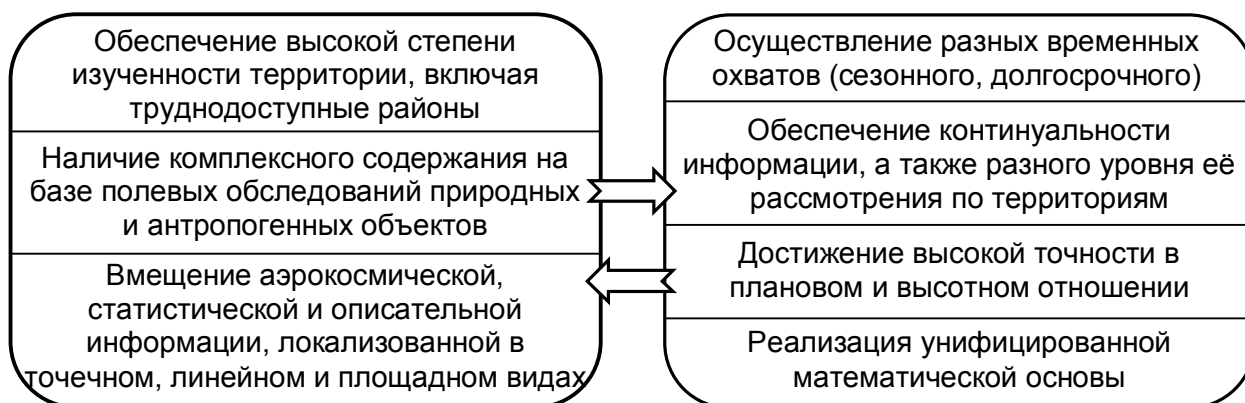


Рис. 3. Отличительные особенности топографических карт в решении экологических и водохозяйственных задач



Рис. 4. Структура основных тематических слоев ГИС-технологий ЭБВ

При формировании баз данных региональной ГИС вводится первоочередная информация: карта речной сети с привязанными к ней населенными пунктами, текущая гидрометеорологическая и гидрохимическая информация, включающая режим водного стока на имеющихся створах,

данные о локализации источников загрязнений: их местоположение на речной сети, объем и режим сбросов, показатели свойств и состава возвратной воды.

В соответствии с общей методологией ГИС-технологий указанные слои представляются на топографической основе определенными условными обозначениями и описываются атрибутивными данными. Последние оформляются в самостоятельные файлы: тексты, таблицы, фотографии, чертежи.

Созданный информационный фонд позволяет совокупно синтезировать специализированные тематические карты, оперативно получать справочную информацию из атрибутивных таблиц по любому объекту, включенному в тематические слои, и производить различные расчеты по массивам данных.

Организация процессов. Методические аспекты использования Arc/View-платформы для создания ГИС реализованы при разработке тематических карт «Поверхностные воды Харьковской области: пользование, воспроизводство, переброска, техногенная нагрузка». В их состав входят: административное устройство и гидрографическая сеть, характеристика поверхностных вод (густота речной сети, водоразделы рек, нормы годового стока и т.п.), водопользование, техногенная нагрузка на поверхностные воды и т.д.

Результаты выдаются по запросам в виде итоговых отчетов, рекомендаций, таблиц, графиков и цифровых карт, показывающих послойно источники загрязнения, их санитарно-защитные зоны, интенсивность и площадь загрязнения.

Система позволяет в интегрированном виде осуществлять совместный анализ информации о различных юридических лицах и видах деятельности, функционирующих на территории, и квалифицированно принимать решения.

С использованием ГИС-технологий разворачиваются различные картограммы, отражающие общий план территории, структуру речной сети, дислокацию населенных пунктов и антропогенных объектов. Включаются также инвентаризационные схемы использования земельных ресурсов, топографический облик территории и прогнозные сценарии их изменения.

Разработанные электронные карты как инструмент визуализации исходной информации и расчетных данных пригодны для использования в процедурах ситуационного моделирования, планирования оптимальных режимов водопользования, мониторинга уровней техногенной нагрузки на водные объекты и других задачах. Целесообразным представляется увязка программ экологической безопасности, регулирования санитарно-гигиенического состояния источников водоснабжения, развития водохозяйственных предприятий, систем коммунального водного хозяйства (КВХ) и др.

КВХ и ландшафты. Системы КВХ тесно связаны с ландшафтом местности, застройкой городов, гидрографической сетью поверхностных вод, условиями залегания подземных вод. Преобразование ландшафтов приводит к изменению гидрохимии вод, гидрологии рек и поверхностного

стока. Это в свою очередь существенно влияет на мутность воды на питьевых водозаборах (рис. 5), которая возрастает с увеличением расхода и скорости водного потока, а также зависит от гранулометрического состава поступающих в реку частиц и донных отложений.

Электронные карты дают представление о ландшафтных структурах, их стокорегулирующих свойствах и общей гидроэкологической обстановке в речном бассейне источника водоснабжения.

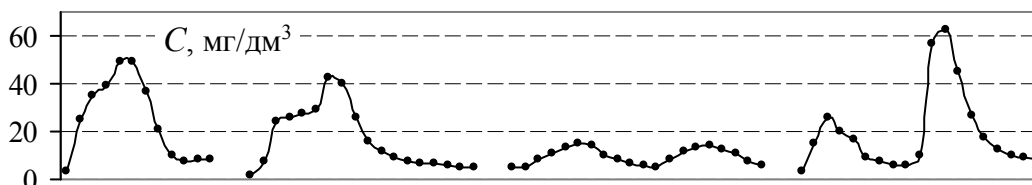


Рис. 5. Характерные графики изменения мутности воды в р. Северском Донце у пос. Кочеток при пропуске весенних паводков

Имея разветвленную структуру объектов, предприятия KBX работают как единый динамический организм, требующий постоянного отслеживания своего состояния. Кроме того, в масштабах отрасли возникает необходимость анализа множества показателей: расходов и потерь воды, надежности технических средств, качества воды, социально-экологических данных и др.

Всё это моделируется и просчитывается на ЭВМ с использованием электронных карт. Карты легко адаптируются и дополняются характеристиками предприятий KBX: мощность, подача воды, состав абонентов, технико-экономические показатели, в том числе стоимость основных фондов, тарифы, себестоимость, затраты электроэнергии, структура водопотребления.

Экологическая ситуация включает также характеристики качества воды и воздуха, загрязненности почв, влияние промышленных объектов на природную среду. В региональном разрезе карты дополняются дислокацией мест захоронения отходов, расположением объектов хлорного хозяйства, размещением заказников, заповедников, дендрологических парков и др.

Решаемые задачи. Электронные карты и связанные с ними атрибутивные базы данных используются для решения широкого спектра экологических и водохозяйственных задач, включая экологический мониторинг участков бассейнов рек. В последующем такие карты могут органически войти в единую ГИС по обеспечению экологически ориентированного управления водными объектами на принципах регионально-бассейнового подхода. Управление базируется на базе кадастровых сведений о водном фонде, водных ресурсах и средствах их регулирования, структуре водохозяйственных комплексов, качестве воды и т.п.

На базе внесенных в компьютер данных о водопользователях, системах коммунального водного хозяйства и другой графической

информации по территории решается достаточно большой комплекс задач (рис. 6).

Зонирование территорий, подготовка специальной интегрированной информации о состоянии окружающей природной среды для областного, государственного и межгосударственных уровней управления
Разработка экологических прогнозов и программ развития
Оценка крупномасштабных проектов и подготовка электронных карт, отражающих состояние окружающей среды региона
Накопление и обработка информации об изменяющихся во времени параметрах водной среды с целью экологического прогнозирования
Отработка межгосударственных условий взаимодействия в пограничных зонах на разрешение экстремальных экологических ситуаций, в том числе в режиме чрезвычайных ситуаций в случае актов международного терроризма
Моделирование качества воды на питьевых водозаборах, обусловленного трансграничным переносом загрязняющих веществ в водотоках, с учетом возможных результатов принимаемых управленческих решений
Расчет и картографирование зон возможного затопления в случае аварий на плотинах водохранилищ или их разрушениях
Обмен информацией о состоянии водной среды (импорт и экспорт данных) с другими информационными системами

Рис. 6. Блок решаемых задач ЭБВ на основе ГИМС-технологий

ГИМС-технологии. Эффективные системы поддержки принятия решений в области ЭБВ неизбежно основываются на математическом моделировании, включая сопоставление и агрегирование сведений из разных источников, "свертывание" результатов мониторинга, прогнозирование последствий реализации или непринятия хозяйственных решений и др.

Перспективным направлением становятся новые ГИМС-технологии (по формуле ГИС + Модель = ГИМС), ориентированные на сочетание эмпирических и теоретических компонентов экоинформатики [9]. Главными их принципами являются интеграция и координация систем сбора первичной информации об окружающей среде на целостной организационной и научно-методической основе. Плюс согласование и совместимость информационных потоков с использованием универсальных систем классификации, кодирования, форматирования и структурирования данных, а также стандартные пакеты компьютерных программ для формализованного представления объектов окружающей среды.

ГИМС-технологии предполагают механизм совмещения ГИС-технологий с имитационным моделированием, что позволяет проектировать оболочки с широким набором функций, обладающих адаптивными свойствами с автоматизированной настройкой на предметную область (табл. 1).

**Информационное сопровождение ЭБВ
и водохозяйственной деятельности на основе ГИМС-технологий**

Выполняемые задачи и функции	Характер последующего применения
Выявление проблемных ситуаций	Дополнительный углубленный анализ с выполнением регулирующих мер
Информационно-аналитическая оценка возникающих экстремальных ситуаций	Принятие решений по локализации и ликвидации ущерба, наносимого водным объектам и системам водоснабжения
Оценка риска и запасов устойчивости водохозяйственных систем	Отработка мероприятий предупреждающего характера
Систематизация водохозяйственной, метеорологической и технико-экономической информации	Управление текущей и перспективной обстановкой в регионе
Вариантное прогнозирование и комплексный анализ состояния ЭБВ	Проведение водохозяйственной диагностики, аудита, менеджмента и др.
Моделирование качества воды с набором приоритетных показателей	Оценка и прогнозирования состояния вод в источниках водоснабжения
Моделирование гидрографов и гидрологических ситуаций	Оптимизация режимов эксплуатации водохранилищ для обеспечения питьевого водоснабжения
Моделирование отклика биосистемы водопроводной сети на повреждающие воздействия	Оценка бактериологической устойчивости сети в условиях её «вторичного» микробиологического загрязнения

Применение методов математического моделирования и прогнозирования с использованием возможностей ГИМС-технологий анализа урбанизированных территорий позволяет спрогнозировать массоперенос в системе «водосбор–водоем» и выйти на расчетные параметры по оптимизации водоотведения.

Количественные и качественные параметры большинства диффузных источников можно получать тематическим дешифрированием космических снимков [1]. Это позволяет осуществлять картографическое моделирование формирования поверхностного стока и его влияния на водозаборы, оценивать пространственно-временные характеристики химического состава вод и диффузных источников, выполнять моделирование в различных масштабах.

В его состав входят базы данных, математические модели, развитое компьютерное обеспечение в виде диалоговых средств визуализации результатов для создания систем оповещения об аварийных ситуациях и передачи данных мониторинга экологической обстановки и объектов

водоснабження, регулювання водно-екологічного режима водохранилищ, удешевлення санітарно-екологічного стану водозаборів і т.д.

Список літератури

1. *Красовський Г.Я.* Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій. – К.: Інтертехнологія, 2008. – 478 с.
2. *Растоскуев В.В., Шалина Е.В.* Геоинформационные технологии при решении задач экологической безопасности. – СПб.: ВВМ, 2006. – 256 с.
3. *Биченок М.М.* Про комплексне оцінювання ризиків життєдіяльності у потенційно небезпечних регіонах / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев // Екологічна безпека. – 2007. – Вип. 17. – С. 33-41.
4. *Система підтримки прийняття управлінських рішень керівниками водогосподарських організацій для басейну річки Сіверський Донець з використанням геоінформаційних технологій / В.Б. Мокін, Б.І. Мокін, М.Я. Бабиш [та ін.]. – Вінниця: Універсум, 2009. – 352 с.*
5. *Василенко С. Л.* Экологическая безопасность водоснабжения. – Харьков: Райдер, 2006. – 320 с.
6. *McCann B.* Guiding the way on US watersheds // Water 21 Aug. – 2006/ – P. 61-62.
7. *Панасенко А.А., Намяк Д.Е.* Информационно-аналитические системы предприятий ВКХ / А.А. Панасенко, Д.Е. Намяк – Харьков: Основа, 2005. – 192 с.
8. *Нікітенко Г.В.* Інформатизація оперативного управління підприємством ВКГ / Г.В. Нікітенко, О.О. Панасенко // Зб. доп. міжнарод. конгр. ЕТЕВК–2015, 8-12 червня 2015 р., м. Іллічівськ. – К.: НДКТИ МГ, 2015. – С. 216-222.
9. *Kim J., Grunwald S., Rivero R.G., Robbins R.* Multi-scale modeling of soil series using remote sensing in a wetland ecosystem // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2012, v.76/ – 2327-2341.

Надійшло до редакції 12.11.2015