

*Олиферов А.Н., Огородник И. И.*

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЧНЫМ БАССЕЙНОМ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА Р. ВОРОН)**

В современной геоэкологической науке понятие «управление» достаточно многогранно. Это – управление качеством воды в водохранилищах, управление охраной окружающей среды, управление природными ресурсами, управление природопользованием и, наконец, управление риском [12]. В настоящей работе рассматривается управление природопользованием, которое можно определить как управление антропогенной деятельностью с целью изменения природных явлений и процессов (усиления или ограничения их) в желательном для человека направлении. Различают управление через организацию экономической деятельности общества (экономический механизм распределения и воспроизводства природных ресурсов, вложение в новые, менее вредные технологии, очистку выбросов и т. д.) и управление непосредственно объектами окружающей среды (мелиорация, создание защитных полос, посадка устойчивых к загрязнению древесных пород и т. д.).

В Автономной Республике Крым существует многоотраслевая структура регулирования природопользованием. Функции управления природно-ресурсным потенциалом распределены между различными министерствами и ведомствами. Согласно с Законом Украины об охране окружающей природной среды Госкомприроды Крыма является специальным уполномоченным органом государственного управления в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов Автономной Республики Крым [1]. Кроме того, управлением занимаются местные органы самоуправления.

Естественно, что для научного обоснования управленческой деятельности в АРК на разных уровнях необходимо создание геоинформационных систем (ГИС). Как известно единого определения ГИС пока не существует, поэтому рассмотрим одну из последних дефиниций, разработанной А. М. Беринтом и опубликованной в «Экологическом энциклопедическом словаре» [12]. Этот автор предлагает выделить «экологические информационные системы» (син. экологические геоинформационные системы, сокр. ЭГИС) – автоматизированные аппаратно-программные системы, осуществляющие сбор, хранение, обработку, преобразование, отображение и распространение пространственно координированных экологических данных. Эти системы предназначены для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления экологическими ситуациями. Основная функция системы – информационно картографическое обеспечение принятия управленческих решений. Основу системы составляет база цифровых экологических данных и автоматические картографические системы с подсистемами ввода, логико-математической

обработки и вывода данных. Информация ЭГИС организована в систему «слоев» содержащих цифровые данные о компонентах среды и организации (например, рельеф местности, гидрография, административное деление, источники воздействия на среду, показатели загрязнения, размещение населения и т. д.), образующие информационную модель объекта. На этой основе выполняются процедуры анализа, сопоставления слоев, их преобразование с целью получения новой информации, необходимой для принятия тех или иных управленческих решений (например, выбор трасс, проведение лесозащитных мероприятий, рекреационного освоения территории и др.). Главные источники информационного обеспечения – карты и атласы экологические, аэро- и космические снимки, статистические и гидрометеорологические данные, результаты непосредственных наблюдений и замеров на местности. Системы могут быть проблемно-ориентированные, т. е. предназначенными для решения задач определенного типа или комплексными многоцелевыми. По пространственному охвату различают глобальные, общегосударственные (национальные), региональные, муниципальные и локальные системы. Именно последнему уровню ЭГИС и посвящена настоящая работа.

В качестве объекта применения геоинформационной технологии принят бассейн р. Ворон в юго-восточном Крыму. Как отмечает М. Гродзинский [2] речной бассейн – не только гидрологическая, но и географическая система (геосистема), а также объект ландшафтных исследований. Последние два десятка лет изучение бассейновых ландшафтно-территориальных структур ведутся достаточно интенсивно. Этому способствуют четко выраженные функциональное единство бассейна и его территориальное единство. Помимо подразделения бассейна на его части по критерию порядка, в каждом бассейне можно выделить три подсистемы: долинную, склоновую и водораздельную. При этом есть основания считать, что существуют элементы управления бассейнов высших порядков над бассейнами низших порядков, связанные со сменой базиса эрозии в реке. Все изложенное дает достаточно обоснований для создания экологической геоинформационной системы «Бассейн реки Ворон».

В процессе создания локальной ГИС мы поэтапно решали следующие задачи: 1) формализация данных мониторинга; 2) определение необходимых технических средств; 3) выбор программного обеспечения; 4) создание баз данных; 5) анализа данных мониторинга.

Процессы по обеспечению геоинформационными продуктами и услугами в ГИС выполняются с использованием комплекса технических средств, состоящих из персональных компьютеров, графических станций, устройств ввода графической и цифровой информации, средств организации сетей различного уровня и назначения.

Для решения поставленных задач в качестве базовых аппаратных средств для ГИС «Бассейн реки Ворон» использовался комплекс вычислительной техники,

включающий персональный компьютер типа IBM PC/AT, сканер HP ScanJet 5100 [A4], лазерный принтер Hewlett Packard LaserJet 5MP [A4].

При выборе программного обеспечения для ГИС “Бассейн реки Ворон” учитывались следующие требования: 1) возможность быстрого ввода (сканер) и редактирование графической и табличной информации; 2) наличие аппарата, позволяющего производить логико-математическую обработку и трансформацию изображения (оверлейные операции, аффинные и проективные преобразования, проекционные преобразования и т.д.); 3) наличие блока обмена данными с другими программами-системами (экспорт/ импорт); 4) возможность качественного вывода результатов работ на печать (в виде карт и графиков); 5) экономическая целесообразность (оценивается соотношение цены и функциональных возможностей системы); 6) легкость в использовании и обучении персонала.

Проанализировав возможности современных программных продуктов для решения задач мониторинга, в качестве базовых выбраны MapInfo и ArcView. Выбор двух базовых программных продуктов был обусловлен главной целью – использовать векторно-метрические особенности преобразований и анализа MapInfo и универсального растрового пространственного анализа в ArcView. Кроме того, появление дополнительных программных модулей для ArcView позволило расширить возможности анализа пространственной информации [8].

Так модуль ArcView Spatial Analyst обеспечивает растровое и векторное моделирование и включает в себя такие функции как отрисовка зон видимости, определение расстояния и близости, моделирование поверхности и т.д.

*ArcView 3D Analyst предназначен для создания трехмерных контуров, выполнения трехмерного статистического анализа, создания поверхности плотности распределения данных, а также моделирования объектов окружающей действительности и т.д.*

Одним из важнейших этапов создания ГИС является разработка структуры баз данных (БД), являющихся информационной основой системы мониторинга. В базах данных хранится информация о факторах формирования, особенностях развития, а также интенсивности проявления неблагоприятных природных процессов представленная в виде карт, таблиц, текста.

Основные требования к БД системы мониторинга неблагоприятных природных процессов аналогичны требованиям, предъявляемым универсальным БД и могут быть представлены следующим образом: возможность будущего наращивания прикладных программ; различное использование одних и тех же данных разными пользователями; простота, легкость и гибкость использования; простота внесения изменений; производительность; защита от искажения и уничтожения и др.

Базу данных можно определить как совокупность файлов и отношений между ними. Файл БД состоит из отдельных записей, каждая из которых, содержит информацию соответствующую отдельной строке таблицы. Запись файла состоит из отдельных полей, количество которых соответствует числу граф таблицы.

Различают логический и физический аспект представления (описания) данных. Если логический уровень связан с представлением о данных пользователей БД, то физический – тем как они действительно хранятся в среде хранения компьютера [4,11].

Логически БД системы мониторинга «Бассейн реки Ворон» состоит из трех подсистем: "Карты и снимки", "Данные наблюдений" и "Базы знаний".

Сердцевину системы мониторинга неблагоприятных природных процессов «Бассейн реки Ворон» образует картографический блок, состоящий из серии компьютерных карт, созданных при помощи инструмента геоинформационной технологии [7]. Карты в ГИС выполняют одновременно несколько функций. Они выступают как: пространственные модели изучаемых геосистем, документы для принятия решений, средства оперативной передачи пространственно-временной информации.

Картографическая информация представлена в виде "базовой карты" – карты ландшафтов, которая содержит наиболее характерные сведения о территории. Отраслевого блока, представляющего собой серию электронных тематических карт: а) компонентных - пунктов мониторинга, гидрографическая, гидрологическая, гипсометрическая, микроформ рельефа, геологического строения, четвертичных отложений, противоденудационной устойчивости пород, геоморфологическая, геодинамических процессов и т.д., б) комплексных - антропогенной нагрузки; в) оценочно-прогнозных – интенсивности развития процессов, горизонтального и вертикального расчленения, углов наклона склонов; г) оперативных карт, непосредственно связанных с поступающими данными – карты смыва, выветривания и др. за определенный временной интервал.

Создание серии компьютерных карт достаточно сложный и многоплановый процесс [5,6], который включал несколько этапов: 1) подготовительный этап (составление проекта); 2) автоматизированное преобразование исходной картографической информации в цифровую форму; 3) символизация векторной модели, контроль и редактирование символизированных электронных карт; 4) оформление и описание карт.

При планировании подготовительного этапа работ по созданию картографического блока особое внимание уделялось следующим аспектам: возможностям и методам использования картографической информации, разработке структуры разделов, выбору картографической основы, определению требований и выбору программного обеспечения, методическим вопросам подготовки цифровой основы для последующего создания электронных карт и их вывода в виде бумажных копий.

На первом этапе осуществлялся предварительный сбор материалов. Были выявлены организации, обладающие картографическими материалами, и составлены проекты карт, которые позволили с самого начала правильно оценить

временность и трудоемкость процесса, силы и средства, которые потребуются для достижения конечного результата.

Для исследуемого бассейна был собран банк картографических материалов, описанный выше. Затем была произведена оценка этих материалов: физическое состояние (степень деформации), актуальность (даты выпуска и последней редакции), наличие вспомогательной информации (авторы, издатели, выходные данные проекции и т.п.) и отобраны источники для цифровых карт.

После этого для каждого источника было спланировано содержание электронной базы данных.

Карта логически организована как набор слоев однородных объектов. При составлении схемы расслоения карты учитывалось, что в разные слои разносятся, прежде всего, объекты, отличающиеся типами характеристик (те, которые связываются с разными базами атрибутивных данных). На основе отобранных картографических материалов нами были выделены следующие тематические слои: граница бассейна, гидрография, гидрология, гипсометрия, микроформы, геология, четвертичные отложения, геоморфология, ландшафты, процессы, мероприятия, дороги, населенные пункты, пункты наблюдений, антропогенной нагрузки и др.

Технологически невозможно хранить в одном слое точечные и полигонные объекты. Поэтому, точечные, линейные и площадные объекты были выделены в отдельные слои. Так, например, тематический слой гидрография распадается на слои - гидрография точечная (родники, отметки уреза воды), гидрография линейная (река, притоки, сухие русла) и гидрография площадная (водохранилища).

К каждому слою картографической информации был спланирован набор атрибутивных данных. Предварительно были описаны структуры и взаимосвязи таблиц, в которых хранятся данные. На втором этапе решалась задача получения на основе имеющихся исходных материалов векторной цифровой модели карты, служащей основой для электронной. Наиболее общим и универсальным методом является цифрование и получение таким образом векторной информации. Для ввода исходных картографических материалов нами использовался способ цифрования по "подложке". Способ цифрования по "подложке" также называют цифрованием на экране. Суть метода заключается в следующем: отсканированное изображение из файла выводится на экран монитора, и само цифрование осуществляется по этой "подложке", обычно при помощи "мыши". Здесь каждый объект, как и в традиционном цифровании, оператор должен "обвести", только не на планшете, а на экране. В основе метода лежит "умение" машины распознать направление "обхода" объекта в его поточечном изображении. Это задача прямо связана с качеством исходного материала и сложностью карты.

Выбор этого способа цифрования обусловлен следующими его достоинствами: возможна одновременная работа с растровым и векторным изображениями, удовлетворительная точность, возможность цифрования карт большого размера, отсутствие проблем "сшивки". Среди недостатков следует отметить высокие.

требования к качеству исходного картографического материала, точность полученных результатов зависит от квалификации оператора и внешних условий

На третьем этапе выполнялась: символизация векторной модели, составление электронной карты по уровням нагрузки: контроль и редактирование символизированной электронной карты.

Всем объектам и примитивам был присвоен свой код (номер) или идентификатор, позволяющий привязать к графической информации тематическую. Использование идентификаторов открывает широкие возможности для просмотра и анализа. Пользователь может указать на объект, например, курсором, и система определит его идентификатор, по которому найдены относящиеся к объекту одна или несколько баз данных и, наоборот, по информации в базе можно определить графический объект.

Заключительный этап включал в себя оформление и описание карт.

Работая с картографическим блоком ГИС «Бассейн реки Ворон», пользователь может: 1) совмещать на дисплее несколько тематических карт в любой комбинации; 2) редактировать и корректировать существующие тематические карты и создавать новые; 3) масштабировать (увеличивать) произвольные участки карты с целью их более детального изучения; 4) создавать географические выборки по тематическим слоям; 5) получать разнообразную информацию из базы данных по интересующим объектам; 6) осуществлять имитационное моделирование и пространственный анализ.

Анализ рельефа с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР). При помощи внутренних встроенных функций Arc View и модулей Arc View Spatial Analyst, ArcView 3D Analyst была построена ЦМР бассейна реки Ворон. ЦМР бассейна послужила основой решения следующих задач - построения карт кривизны земной поверхности, крутизны земной поверхности и экспозиций склонов.

Для выявления зависимости развития неблагоприятных природных процессов от количественных характеристик рельефа были построены карты горизонтального и вертикального расчленения рельефа. Основой для расчета параметров расчленения рельефа послужила карта микроводосборов и линий стока, для построения которых использовалось расширение Hydrologic modeling v 1.1.

Анализ динамики неблагоприятных природных процессов. С помощью ArcView и модуля ArcView Spatial Analyst. Были рассчитаны среднесуточные, максимальные и минимальные значения смыва и выветривания для каждой площадки за весь период наблюдений. Кроме того для оценки интенсивности процесса выветривания (смыва) по площадкам были определены отклонения скорости выветривания (смыва) от среднесуточного значения скорости.

Наиболее интенсивному плоскостному смыву подвержены склоны, сложенные титонским и таврическим флишем, поэтому для расчета параметров твердого стока для зоны флиша была составлена карта углов наклона склонов, позволяющая точно

определить площади равноуклонных зон. Для выделения участков, сложенных флишевыми породами использовалась геологическая карта бассейна реки Ворон. Для определения интенсивности плоскостного смыва в пределах равноуклонных зон данные площадок были осреднены и вычислены среднемноголетние, максимальные и минимальные значения смыва для каждой зоны. Кроме того, были рассчитаны среднемноголетние, максимальные, минимальные значения смыва по сезонам и месяцам для каждой равноуклонной зоны.

Разработанная геоинформационная система передана в Рекомводхоз и другие организации, имеющие управленческие функции.

### Список литературы

1. Вопросы развития Крыма/ Научно-практические дискуссионно-аналитический сборник. Вып.10. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов в АРК. – Симферополь: Таврия, 1998 – 114 с.
2. Гродзинский М. Д. Основы ландшафтной экологии. – К.: Либидь, 1993 – 221 с.
3. Коновалова Н. В., Капралов В. Г. Введение в ГИС. Учебное пособие. – Петрозаводск: ПГУ, 1995 – 148 с.
4. Кошкарев А. В., Каракин В. П. Региональные геоинформационные системы. – М.: Наука, 1987 – 126 с.
5. Лебедева Н. Я., Июлин И. А. Создание качественных цифровых карт// ГИС – ассоциация Информ. бюлл. - 1997. – №2 – С. 24-25.
6. Леонтьев В. А., Мартыненко А. И. Система электронных карт: Научные основы, методы и технологии.// Геодезия и Картография. – 1996. - №7 – С.48-50.
7. Огородник И. Н. Электронный атлас малой реки Крыма // Строительство и техногенная безопасность. Сб. научн. трудов КИПС – Симферополь: Таврия, 1998 – С. 66-71.
8. Огородник И. Н. Использование ГИС в природопользовании и охране окружающей среды // Труды международной научной конференции «Проблемы формирования экологического мировоззрения». – Симферополь, 1998 – С. 208 – 209.
9. Олиферов А. Н., Огородник И. Н. Опыт использования геоинформационной технологии при разработке локальной системы экологического мониторинга в Крыму// Ученые Записки ТЭИ. – 1999 – Вып.1 – С. 26-43.
10. Суловский В. И., Олиферов А. Н. Принцип региональной классификации селеопасности Крыма// Вопросы морфометрии. – Саратов: СГУ, 1967 – Вып. 2 – С. 329-334.
11. Трофимов А. М., Панасюк М. В. Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей средой. – Казань: КГУ, 1984 – 143 с.
12. Экологический энциклопедический словарь. – М.: Изд. «Ноосфера», 1999 – 930 с.