

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Main information sources (1985–1994) for the development of GIS-technologies to solve geographic-hydrological problems and their analysis. GIS formation at the faculty of Geography will allow effectively to solve training, methodical, applied geographic problems on ecology at a high scientific and technical level.

Необходимость использования специальной технологии географических информационных систем (ГИС-технологии) для решения географо-гидрологических задач связана с накоплением значительных массивов географо-гидрологической информации в результате аэрокосмических и наземных наблюдений. Одновременно специфика анализа географической информации заключается в необходимости совместного использования картографических изображений (т.е. пространственной информации) и табличных данных мониторинговых и специальных исследований. В этой связи актуальным является использование компьютерных ГИС-технологий в практике решения комплекса прикладных и поисковых задач управления водными ресурсами Беларуси. В дополнение к имеющимся публикациям о формировании цифровых банков данных пространственной экологической информации [1], формализации и компьютеризации оценки воздействий на окружающую среду [2] и многим другим работам, доступным для русскоязычного читателя, приведем краткий хронологический информационный обзор выполняемых за рубежом ГИС-проектов, которые отражают решения наиболее типичных прикладных и поисковых задач.

По данным [3], в Финляндии Национальным бюро водных ресурсов разработана автоматизированная информационная система, охватывающая 74 водосборных бассейна основных озерных систем. Накопление и обработка информации производится по следующим разделам: система водоснабжения и сброс сточных вод; планирование и управление водными ресурсами, включая сведения о плотинах, лесосплаве и нормативных актах по водным ресурсам; гидрологические характеристики водосборных бассейнов; рекреационное использование водных ресурсов. В результате обработки цифровых карт территории водосборных бассейнов устанавливается взаимосвязь между качеством и количеством водных ресурсов. Корректировка информации и ее актуализация по водосборным бассейнам производится по данным спутников Landsat или SPOT, гидрометеорологической информации – по данным спутников погоды.

Прикладные вопросы использования ГИС-технологии для решения конкретных задач регионального развития оз.Нейзидлер-Зе, в Австрии описываются в работе [4]. Целью ГИС-проекта является поиск решения для нахождения разумного компромисса между тремя конфликтными целями: 1 – развитие туризма; 2 – интенсификация промышленного и сельскохозяйственного производства; 3 – охрана окружающей среды. Разработанная информационная система содержит набор имитационных моделей для конкретных гидрологических процессов, что позволяет выполнять операции прогнозирования и разработки оптимальных управленческих решений.

Информационная система для большой географической области в Румынии [5] разрабатывается для сбора, обработки крупномасштабной картографической информации и передачи данных о состоянии окружающей среды в реальном масштабе времени. Система используется для решения задач гидрологии, метеорологии, контроля за выбросами загрязняющих веществ.

В работе [6] приводится описание системы APPSIY–AUTOGIS, которая используется для сбора и анализа числовой информации в целях идентификации и классификации характеристик водосборной территории. Источниками информации служат стереофотографии и снимки, получаемые из космоса с кораблей типа "Шаттл". Подсистема географического обеспечения располагает аналитическими элементами картирования и элементами статистической обработки.

В [7] приводятся сведения о разработанной гидрометеорологическим институтом Швеции опытной гидрологической информационной системе для представления данных наблюдений гидрологических станций в картографической форме на примере водосбора р.Хьялмарен в южной Швеции. Массив входных переменных включает месячные значения облачности, влажности воздуха, ско-

рости ветра, речного стока, суточные значения осадков и температуры воздуха, привязанные к квадратам 5×5 км. Выходом из системы являются карты месячных значений жидких и твердых осадков, слоя и объема речного стока и других показателей масштаба от 1:25000 до 1:2500000.

С использованием ГИС-технологии выполняется проект "Водный баланс Австрии" [8]. В организованную базу данных в качестве территориальных единиц входят 271 водосбор и 60 так называемых остаточных участков вдоль государственной границы. Используемая информация включает показатели орографии водосборов, условия землепользования, данные наблюдений или расчетные значения элементов водного баланса (осадки, сток, запасы воды в снеге, испарение).

Опыт создания систем компьютерной обработки информации и обобщения сведений о характеристиках речных пойм для их дальнейшего использования в схемах противопаводковых мероприятий и уменьшения ущерба от наводнений на примере Австралии, Великобритании и США рассматривается в работе [9].

Примером использования ГИС-технологии для разработки модели гидрографа стока с водосборного бассейна р.Амат (США) при отсутствии наблюдений является работа [10]. Объем стока вычисляется с использованием гидро-морфологических характеристик (длина русла, площади подбассейнов, количество русел данного порядка, землепользование, типы почв, индекс почв для всего бассейна), получаемых с помощью спутниковой информации.

По данным [11], для территории США и Канады разработана комплексная система сбора и обработки географических и гидрологических данных (GIS/D). Периодически в рамках данной системы на основе получаемых данных составляют соответствующие цветные карты.

Формирование банка данных ГИС в Пуэрто-Рико [12] производится по водосборным бассейнам с включением данных о водных ресурсах, осадках, стоке, использовании земель, типах почв и др.

Система управления данными об окружающей среде для Программы мониторинга зал.Пьюджет-Саунд [13] состоит из хорошо документированных баз данных. Эта информация используется для составления отчетов, статистического анализа, картографирования.

Для расчета гидрографа стока на примере модельного объекта – предгорьев Зап.Альберты в Канаде – используется разработанная географическая информационная система [14].

В Массачусетском технологическом институте [15] разрабатывается схема прогнозирования паводков "NEXRAD". Основой системы являются цифровые данные метеорадаров, а также цифровые карты регионального единичного гидрографа и времени добегания для данной территории.

Разрабатываемая в Институте водного хозяйства и гидроэнергетики Китая [16] база данных предназначена для хранения информации о водных ресурсах. Информация характеризуется разнородностью (гидрогеологическая, экологическая, экономическая и т.д.), большим объемом данных и сложной структурой связей между отдельными переменными. Эта база данных в перспективе станет составной частью большой информационной экспертной системы по водным ресурсам.

По данным [17], в Китае создана информационная система предупреждения угрозы наводнений. Для определения расхода воды при наводнении существует крупномасштабная модель (1:10000). Для расчета затопляемой площади по известному объему воды при наводнении используется подсистема. С целью определения направления затопления и его зоны в компьютер закладывается тематическая и статистическая информация (о землепользовании, водных системах, домах, нефтяных скважинах, фабриках и т.п.). Для затопляемой зоны могут быть рассчитаны убытки от затопления, а специальная подсистема определяет места эвакуации людей и их имущества.

Расчеты объема дождевого стока при помощи метода ГИС на примере 6 водосборов приводятся в работе [18]. Данные на входе модели – высота местности, характер почвы и растительного покрова – рассчитываются с использованием ГИС-модели.

Экспертная система DNE SYS [19] позволяет автоматически дешифровать речную сеть и водоразделы для заданной местности.

На примере участка водосбора реки Ybbs (северная часть Восточных Альп) с использованием ГИС-технологии ARC/INFO производится составление детальной карты водосборов для характеристики различной степени опасности эрозии [20].

Для изучения процессов стокоформирования, водного переноса почвы, удобрений и построения соответствующих моделей на примере водосбора Вайхербах площадью 6 кв.км (Германия) [21] производится разработка ГИС. Информация включает сведения об осадках, метеопараметры с центральной метеостанции и 6 дождемерных пунктов, использование удобрений и пестицидов, инфильтрацию, влажность почвы и содержание химических веществ в зоне аэрации, восполнение запасов грунтовых вод на склонах, перенос почвы при эрозии, поверхностный сток, перенос химических веществ поверхностным путем и др. Для моделирования водосбор разбит на несколько секторов произвольной формы и размера, но однородных в отношении рельефа, почвы и ее использования.

Метод ГИС используется для оценки регионального водного стока и вымывания пестицидов [22]. В процессе работы вся исследуемая площадь разделяется на сетку ячеек площадью 0,4 га каждая с множеством модельных решений. В пределах каждой ячейки даны регрессионные уравнения, связывающие физические и гидравлические свойства почв. Входными данными являются карты землепользования, почв, уклонов поверхности, климатических характеристик и др.

На возможности использования географических информационных систем для местной гидрологической модели указывается в работе [23], для расчета загрязнения речных вод стоками с урбанизированных территорий – в [24].

На базе ARC/INFO с использованием встроенного макро-языка AML разрабатываются приложения для гидрологических расчетов, моделей, планирования водных ресурсов. Так, по данным [25], для выполнения гидрологических расчетов в Madrigal Software Corporation организуется реляционная база данных, применяется логическая экспертная система моделирования гидрологических процессов. Целесообразно использование ГИС для планирования водных ресурсов и составления детального регионального бюджета водных ресурсов [26]. При разработке данного проекта выполняются работы по интеграции в ГИС многочисленных шкал и градаций водных ресурсов, составляется банк данных тематической картографической информации, который включает данные по гидрографии, почвенному покрову, растительности, землепользованию и т.д. Комплекс данных в разных форматах интегрируется в среду ARC/INFO.

Вышеприведенный краткий хронологический обзор литературных источников указывает на активное применение в мировой практике высокотехнических источников географической информации (космо-, аэрофотоснимки, радарные наблюдения, мониторинговые и экспериментальные гидрометеорологические наблюдения) для решения региональных проблем водного хозяйства. Формируемые мощные геоинформационные потоки делают возможным проведение эффективного комплексного географического анализа состояния водных ресурсов с учетом определенных природных и хозяйственных компонентов и их составляющих:

- климатические характеристики (температура, влажность воздуха; осадки; скорость ветра; облачность; снежный покров и др.);

- гидроморфологические характеристики водосборных бассейнов (границы водоразделов; площади подбассейнов; длины русел водотоков; количество русел данного порядка; показатели речных пойм; величина речного стока; показатели паводков, половодий; ледовый режим; испарение и др.);

- физико-географические характеристики водосборных бассейнов (орография водосборов; уклоны поверхности; землепользование; типы почв; инфильтрация, влажность почвы; перенос почвы при эрозии; растительный покров; восполнение запасов грунтовых вод; содержание химических веществ в зоне аэрации и др.);

- характеристики хозяйственной деятельности (сброс сточных вод; использование удобрений и пестицидов; химический состав стоков урбанизированных территорий; перенос химических веществ поверхностным путем; системы водоснабжения; плотины; лесосплав; рекреация; населенные пункты; промышленность; нормативные акты по водным ресурсам и др.).

В результате накопленные массивы геоинформации и их актуализация в режиме реального времени позволяют на высоком научно-техническом уровне выполнять для органов административного управления многочисленные региональные географо-гидрологические задачи:

- информационно-справочные системы по водным ресурсам;
- информационные системы для обработки гидрологических данных в режиме реального времени;
- компьютерные проекты прогнозирования и управления противопаводковыми мероприятиями;
- информационные системы по картографированию снежного покрова, ледовой обстановки и речных затоплений в режиме реального времени;
- информационные системы бюджета водных ресурсов и планирования водных ресурсов;
- информационные системы уникальных водных объектов;
- информационные экспертные системы по водным ресурсам и др.

В научной практике возможности программно-технического обеспечения ГИС-технологии активно используют для решения поисковых географо-гидрологических задач:

- выявление взаимосвязей между качеством и количеством водных ресурсов в пределах водосборной территории;
- разработка модели гидрографа стока с водосборного бассейна;
- оценка опасности эрозии на речных водосборах;
- изучение процессов стокоформиования, водного переноса почвы, удобрений с водосборной территории;
- расчет загрязнения речных вод стоками с урбанизированных территорий;
- экспертные системы по дешифрированию речной сети и водоразделов;
- логические экспертные системы для моделирования гидрологических процессов и др.

Таким образом, в настоящее время формируемая с использованием высоких технологий геоинформационная среда делает возможным эксплуатацию не только компьютерных информационно-справочных систем по водным ресурсам, но и выполнение компьютерных проектов с применением геоаналитических операций, процедур геомоделирования, разработку экспертных географических систем по водным ресурсам.

В заключение необходимо отметить, что приоритетность использования ГИС-технологии в обработке и анализе комплексной географо-гидрологической информации, решении водохозяйственных задач не вызывает сомнения и делает необходимым организацию соответствующего обучения студентов-географов. Работы по использованию ГИС-технологии на примере разработки учебного ГИС-проекта водосборной территории для оценки и контроля качества и количества водных ресурсов в связи с хозяйственной деятельностью являются наиболее удобной моделью в обучении студентов географических специальностей.

1. Хрисанов Н. И., Осипов Г. К. Управление эвтрофированием водоемов. СПб., 1993.
2. Сачок Р. И., Каляда В. В. Ацэнка ўздзеянняў на навакольнае асяроддзе: Тэорыя, метадалогія, фармалізацыя. Мн., 1995.
3. Lemmela R. // *Surv. Sci. Finl.* 1985. V. 3. № 2. P. 16.
4. Fedra K. // *Math. Res.* 1985. V. 27. P. 490.
5. Dumitrascu I. // *Microprocessors Oper. Hydrol. Proc. Techn. Conf. Use Microprocessors and Microcomput. Oper. Hydrol. Geneva. 4–5 Sept., 1984. Dortrecht, e.a. 1986.* P. 91.
6. Goodrich D. C. // *IAHS Publ.* 1986. № 160. P. 475.
7. Johansson B., Jutman T. // *Nord. Hydrol.* 1986. V. 17. № 4-5. P. 229.
8. Domokos M. // *Vizugyi kozl.* 1987. V. 69. № 4. P. 576.
9. Penning-Rowse E. C., Chatterton J. B., Day H. J. et al // *J. Water Resour. Plann. and Manag.* 1987. V. 113. № 6. P. 725.
10. Hill J. M., Singh V. P., Aminian H. // *Water Resour. Bull.* 1987. V. 23. № 1. P. 21.
11. Wallis J. R. // *Environ. Software.* 1988. V. 3. № 4. P. 171.
12. Ortiz M. // *IGARSS 89: Remote Sens.: Econ. Tool Nineties and 12 th Can. Symp. Remote Sens. Vancouver, July 10–14, 1989.* New York, 1989. V. 4. P. 2183.
13. Feins R. P., Dohrmann J. // *Oceans'89: Int. Conf. Adress. Meth. Understand. Global Ocean. Seattle. Wash., Sept. 18–21, 1989.* New York, 1989. V. 1. P. 192.
14. Muzik I. // *Comput. Modell. and Exp. Meth., Hydraul. (HYDRO-COMP'89): Int. Conf. Interact. Comput. Meth. and Maas. Hydraul. and Hydrol. Dubrovnik, 13–16 June, 1989.* London; New York, 1989. P. 423.
15. Bras R. L. // *Seleco Pap. (Int.) Workshop Natur., Disasters Eur. Mediterr. Coutries. Colombella, June 27 th–July 1st. 1988.* Genova, 1989. P. 415.

16. Xu Xinyi, Chen Betyu // IAHS Publ. 1990. №197. P.281.
 17. Di Xiaochun, Li Huiguo, Chen Feng et al. // Reg. Conf. Asian Pacif. Countries Int. Geogr. Union., Beijing, Aug. 13–20: Abstr. (Beijing). 1990. V. 2. P. 13.
 18. Stuebe M. M., Jonston D. M. // Water Resour. Bull. 1990. V. 26. № 4. P. 611.
 19. Qian Jianzhong, Ehrich R. W., Campbell J. B. // IEEE Trans. Geosci. and Remote Sens. 1990. V. 28. № 1. P. 29.
 20. Klaghofer E., Summer W. // IAHS Publ. 1990. № 194. P. 67.
 21. Plate E., Buck W., Bronstert A., Schiffer G. R. // IAHS Publ. 1991. № 202. P.61.
 22. Petach M. C., Wagenet R. J., DeGloria C. D. // Geoderma. 1991. V.48. №3-4. P.245.
 23. Yanssen J. G. M., Veer J. G., van Vriends G. V. C. et al. // Tijdschr. watervoor. en afvalwaterbehandel. 1993. V. 26. № 15. P. 406.
 24. Chen Xiping // Shuilixuebao. J. Hydraul. Eng. 1993. № 2. P. 57.
 25. Gray Curtis T. // Arc News. Spring, 1994. P. 20.
 26. Heminway R., Harper R. // Arc News. Spring, 1994. P. 21.

УДК 911.53(282.247.416.1-192.2)

Г.И.МАРЦИНКЕВИЧ, В.М.ЖУКОВА

ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

Peculiarities and regularities of interconnection of water reservoirs and there off-shore landscapes have considered. Putting forward of four dynamic zones according to directivity and intensity of new landscape developing processes progress as well as changings of horizontal structure is justified.

При техногенном воздействии на ПТК активно проявляется динамика природных комплексов, связанная с устойчивым изменением уровня грунтовых вод (УГВ) в результате создания искусственных водных объектов. Целью данной работы является изучение аквальных комплексов водохранилищ и их прибрежных ландшафтов как единой динамической системы, а также ее зонирование по преобладающим ландшафтообразующим процессам. Данный подход отличается новизной и достаточно актуален: в центральной Беларуси насчитывается 39 водохранилищ с общей площадью водного зеркала 318,78 км².

Согласно Ф.Н.Милькову [1], водохранилище и береговая "зона воздействия" образуют единый парагенетический комплекс, причем "зона" подразделяется им на 3 полосы по характеру и глубине влияния на ландшафты. Области опосредованного и непосредственного воздействия выделяют и другие авторы [2,3], используя в качестве критерия наличие или отсутствие искусственных границ с водоемом. Полностью поддерживая идею о едином парагенетическом комплексе, предлагаем использовать понятие "динамическая зона" вместо "зона воздействия". Последний термин не совсем удачен, ибо создает впечатление однонаправленности влияния по схеме водохранилище → прибрежные ПТК. Но в действительности наблюдается и обратное воздействие. Так, в прибрежных ландшафтах водохранилищ центральной Беларуси в результате эрозийного смыва происходит накопление делювия, который, поступая в водохранилища, трансформируется во вторичные донные отложения, формируя новую литогенную основу аквальных комплексов. Термин "динамическая зона" подчеркивает подвижный и изменчивый характер составляющих парагенетического комплекса (водохранилища и ландшафтов прибрежной зоны), их взаимное влияние.

Парагенетический комплекс водохранилища и прибрежных ландшафтов состоит из 4 динамических зон:

- 1) затопления,
- 2) заболачивания,
- 3) перестройки руслового процесса,
- 4) активизации эрозийных процессов.

Выделение этих зон произведено с учетом направленности и интенсивности протекания новых ландшафтообразующих процессов или их отсутствия, а также изменения горизонтальной структуры ландшафта в результате технических мероприятий либо отсутствия таких изменений.

Объектом исследования стали преимущественно малые водохранилища с объемом водной массы 0,005–0,01 км³ и площадью зеркала от 1,0 до 50,0 км² и прибрежные ландшафты зоны их влияния. Для их изучения исключительную