

Университет МакГил-  
ла

Центр Брейс по  
управлению водными  
ресурсами

Монт Ройальский Кол-  
ледж

Межгосударственная  
координационная во-  
дохозяйственная ко-  
миссия

Научно-  
информационный  
центр  
НИЦ МКВК

Канадское Агентство  
международного раз-  
вития

SIDA

**Тренинговый Центр МКВК по управлению водными ресурсами**

Казахстан

Кыргызстан

Таджикистан

Туркменистан

Узбекистан

**Рощенко Е. М., Жерельева С. Г.**

*НИЦ МКВК*

**ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ  
СИСТЕМА В ПРАКТИКЕ УПРАВЛЕНИЯ  
ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

Семинар Тренингового Центра МКВК по теме  
«Интегрированное управление водными ресурсами»  
Ташкент 2001

## **ВВЕДЕНИЕ**

Люди использовали карты в течение тысячелетий для отображения и анализа географической информации, на разных этапах развития человечества использовались различные средства для представления географической информации от простого рисунка на ткани до издания карт массовыми тиражами. Двадцать пять лет назад группа географов задумала создать систему для хранения и организации пространственных данных (карт) с помощью компьютера. В это время уже функционировали базы данных (хранение разнообразной информации на компьютере), таким образом, возникла необходимость хранить и географическую информацию в электронном виде. Спустя десять лет эта усиленно развивающаяся технология получила название ГИС.

Географическая информационная система (ГИС) – это самое новое достижение в наглядном представлении географической информации. Географическая информационная система – компьютерная система, способная хранить и использовать данные, описывающие места на земной поверхности, одна из многих информационных технологий, которая призвана, как облегчить труд исследователей, так и содействовать развитию общества. Еще в недалеком прошлом, для того чтобы иметь, какую-то карту нужно было купить ее или обратиться в типографию. Кроме того, если возникала необходимость в создании какой-либо специфической карты, то она, как правило, рисовалась в ручную, и конечно, не была в достаточной мере точной. ГИС дает возможность облегчить задачу получения карт, так как с помощью геоинформационной системы можно получить фактически любую карту, кроме того, созданная карта остается в памяти компьютера и может быть получено любое количество копий.

Карты ГИС отличаются от топографических и тематических карт тем, что они могут динамически изменяться по желанию заказчика. Кроме того, ГИС – это достаточно удобное и универсальное средство для обмена картографической информацией, так как эта информационная система создана на персональном компьютере, то при наличии интернета любая карта может быть передана в любую точку земного шара, где есть сеть интернет.

Географическая информационная система позволяет получать различные карты на компьютере и распечатывать на цветном или черно-белом принтере, также с помощью этой системы можно делать анализ объектов реального мира (создание различных карт-схем, например, направления ветров), а также событий, происходящих в нашей реальной жизни и деятельности (например, создание карты плотности населения по областям).

Использование ГИС резко возросло в восьмидесятые годы от полной неизвестности до повседневной работы. Почему растет интерес именно к этой информационной системе? Да потому, что ГИС позволяет интегрировать информацию из различных источников для ее понимания (результаты представляются в наглядном виде) и определения наиболее важных проблем в окружающем нас мире. Среди таких проблем можно назвать глобальные: потепление климата, перенаселенность, проблемы голода и достаточно локальные проблемы: повышение урожайности в каком-либо конкретном фермерском хозяйстве, прогноз боковой приточности. Технология ГИС позволяет организовать данные по этим и другим проблемам, а также определить их пространственные взаимоотношения. Эти знания служат основой для принятия более точных и разумных решений, поэтому в течение прошлых двух десятилетий эта информационная система внесла достаточно большой вклад в развитие науки и народного хозяйства.

Географическая карта, являясь замечательным творением человеческой мысли, особым средством познания окружающей нас действительности давно уже является неотъемлемой частью как повседневной жизни, так и любой научно-исследовательской и

проектной деятельности.

Географическая карта дает зрительный образ величины и взаимного расположения, изображаемых объектов; позволяет получить качественные и количественные характеристики объектов и явлений, сопоставить их свойства и взаимосвязи и зависимости между ними и с географическими явлениями; устанавливать причины, способствующие формированию характерных черт и особенностей отдельных территорий; изучать закономерности развития природы и общества, исследовать изменения во времени, осуществлять прогноз и оценивать перспективные направления развития природы и общества.

Используя Географическую информационную систему, вы можете значительно эффективнее передавать комплексную информацию, использующую карты по сравнению с таблицами и текстовыми описаниями, поскольку с помощью карт реализуются наши врожденные способности различать и интерпретировать, цвета, объекты и различные взаимосвязи. Когда мы изображаем данные на карте, мы видим распределение, взаимосвязи и тенденции, на которые раньше могли не обратить внимание. Таким образом, карты помогают более эффективно передавать информацию и полученные результаты. В качестве иллюстрации вышесказанного хотелось бы привести следующий рисунок.



**Рис. 1. Изменение уровня Аральского моря с 1957 по 1996 гг.**

На рисунке различными типами линий указаны уровни Аральского моря от сплошной – уровень 1957 года до самого моря - уровень 1996 года. Таким образом, посмотрев на эту карту можно сделать вывод о размерах экологического кризиса, вызванного усыханием моря. Таким образом, карта – надежный источник информации, эффективное средство научных исследований территорий, обязательный документ при решении многих хозяйственных задач, основа для проектирования инженерных сооружений, является необходимой частью при разработке любого проекта.

### ***АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ГИС***

В последние годы серьезное внимание привлекает использование дистанционных материалов в области почвоведения, сельскохозяйственного производства, оценки водных ресурсов и экологических ущербов. ArcView (программное обеспечение необ-

ходимое для функционирования ГИС) позволяет оцифровывать аэрофотоснимки, тем самым, создавая на основе снимка несколько слоев динамичной информации, различной тематической направленности. Возможности ArcView в решении различных задач путем синтеза и наложения покрытий были описаны выше, поэтому далее будут рассмотрены непосредственно возможности аэрометодов в перечисленных областях.

Для изучения мелиоративных объектов используются все основные виды дистанционных методов, включая применение различных фотосъемок, а также тепловую, радиолокационную, аэроспектрометрическую и СВЧ-радиометрическую съемки.

Аэрокосмическая информация широко используется для выявления мелиоративного фонда и проектирования мелиоративных систем, ведения мелиоративного кадастра, составления прогнозных природно-мелиоративных карт.

При изучении мелиоративного фонда и проектировании мелиоративных систем с помощью аэрокосмической съемки составляются геоморфологические, гидрогеологические, инженерно-геологические, тектонические, ботанические, культуртехнические, почвенно-мелиоративные и другие карты. При этих видах работ, помимо черно-белых съемок в оптическом и инфракрасном диапазонах, широко применяются спектрально-нальные съемки. Фотоснимки, полученные в оптическом диапазоне, детально передают особенности ландшафта, привычные для зрительного восприятия. На инфракрасных хорошо изображаются переувлажненные участки. На материалах радиолокационных съемок получают отражение все элементы неровности земной поверхности. На этих снимках резко различаются по характеру изображения поля с различными сельскохозяйственными культурами. Обнаженные, распаханые и заборонованные почвы, такыры и пятна солончаков за счет зеркального отражения посылаемых с борта носителя импульсов излучения изображаются темным или даже черным тоном, тогда как все шероховатые поверхности за счет интенсивного отражения сигнала в обратном направлении изображаются светлым тоном.

Не меньшее значение дистанционные методы имеют при контроле за работой мелиоративных систем. Нормальное функционирование мелиоративной системы возможно только при поддержании удовлетворительного технического состояния всех ее элементов, поэтому постоянный контроль является неотъемлемой частью мероприятий по их эксплуатации. При контроле за работой осушительных систем большое внимание уделяется изучению состояния закрытого дренажа. В этом случае аэроснимки позволяют выделить участки с хорошо работающими дренами и массивы с поврежденным дренажем (заиленными или механически поврежденными дренами). Эти свойства осушительных мелиоративных систем детально отражаются на материалах аэросъемки определенных сезонов за счет более быстрого просыхания почв под дренами: сухие почвы выделяются вследствие их более высокой яркости по сравнению с влажными.

Большое значение имеет выявление участков засоленных почв. Засоленность почв – один из основных лимитирующих факторов плодородия орошаемых земель. В задачи наблюдения за солевым режимом орошаемых земель входит оценка степени и типа засоления почв, направленность изменения засоленности пород, определение запасов солей, выявление причин засоления, установление связей между динамикой засоления почв режимом уровня и химизмом грунтовых вод, оценка эффективности мелиоративных мероприятий. При эксплуатации оросительных систем информация о засоленности почв необходима для расчета промывных норм, проведения и оценки эффективности промывок засоленных земель, планирования распределения водных ресурсов на орошение и промывки, перспективного планирования мероприятий по рассолению почв и разработке проектов реконструкции оросительных систем. Засоление почв обнаруживается дистанционными методами как при непосредственном появлении солей на поверхности почв, так и изменении отражательной способности сельскохозяй-

ственных культур вследствие выпадения отдельных растений, их угнетения и появления галофитных сорняков. За счет указанных явлений изменяются тон и рисунок изображения засоленных почв, по которым они надежно идентифицируются на фотоснимках.

Для оценки влажности почв аэрокосмическими методами в настоящее время используются видимый, инфракрасный и микроволновый участки спектра. Влажность почв определяют с целью выявления величины ранневесенних влагозапасов, определенных расчетными методами, оценки качества поливов и назначения очередного срока и нормы полива. В последние годы широкое внедрение в отрасли находит самолетный радиометрический метод определения влажности почв. Метод обладает высокой оперативностью, точностью и большой производительностью. Так, за день с самолета АН-2 можно получить информацию о влажности почвы (с погрешностью не более 4% весовой влажности) на площади 10 000 га.

Также с помощью дистанционных методов возможно определение глубины залегания и минерализации грунтовых вод – основных основных гидрогеологических критериев мелиоративного состояния земель. В условиях орошаемого земледелия подъем минерализованных грунтовых вод свыше критической глубины приводит к засолению почв. При эксплуатации оросительных систем информация о грунтовых водах необходима для обоснования агротехнических, гидротехнических и других мероприятий по борьбе с засолением земель (планирование режимов орошения сельскохозяйственных культур, промывок и т.д.). Задачами наблюдений за режимами грунтовых вод орошаемых земель являются: определение характера сезонных, годовых и многолетних изменений уровня, общей минерализации и состава солей в грунтовых водах, влияния грунтовых вод на водный и солевой режимы почв, оценка достоверности гидрогеологических прогнозов. Многие из перечисленных характеристик могут быть получены с помощью дистанционных методов. Метрологические испытания дистанционной аппаратуры показали возможность оперативного контроля за уровнем грунтовых вод с точностью до 0,2 м.

В контексте дистанционных методов ГИС не может рассматриваться как инструмент для дешифровки аэро или космо снимков. В этом случае ГИС должен рассматриваться скорее как инструмент представления результатов дешифровки первичных материалов, их интерпретации и использования для дальнейших расчетов и многофункционального анализа.

Совместное использование дистанционных методов и ГИС может применяться для:

- обеспечения оперативной информацией органов управления по эксплуатации мелиоративных систем;
- разработки новых видов тематического картографирования объектов гидромелиорации для информационного обеспечения работ по проектированию, строительству, эксплуатации мелиоративных систем, оценки влияния мелиорации на окружающую среду;
- прогнозного почвенно-мелиоративного картографирования.

## ***ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС***

***1. По результатам международного семинара во Франции***, на котором было представлено 33 разработки в области управления водными ресурсами, можно сказать, что в настоящее время пространственная информация достаточно широко используется в аридных и полуаридных развивающихся странах. В качестве входной информации используется достаточно большое количество пространственных данных:

- Данные, полученные со спутниковых платформ;
- Аэроснимки;
- Топографические данные.

Для улучшения управления водными ресурсами используется анализ поверхности земли. Процесс моделирования выполняется в несколько этапов:

1. Цифровые модели оценки высот, для топографических данных.
2. Объединение данных, полученных из различных источников.
3. Агрегирование данных.
4. Наложение слоев.
5. Гидрологическое моделирование.

В результате получают региональный пространственный гидрологический баланс. В модели также включаются все типы водопотребителей, сельское хозяйство, промышленность, коммунально-бытовое хозяйство и другие. Хотелось бы отметить, что в ГИС существует проблема интерпретации, полученных со спутниковых снимков графических результатов, в особенности, когда существуют границы между однородными областями. Результат, который может быть получен с помощью географической информационной системы и всех перечисленных методов, представлен на рисунке 2.

## Рис. 2

**2. Электронный атлас**, как первый шаг по направлению к созданию географической информационной системы.

Институтом географии Российской Академии наук (Птичников А.В. и другие), Каракалпакским отделением Академии наук Узбекистана (Реймов П.Р. и другие) совместно с немецким аэрокосмическим центром проводится попытка исследования и мониторинга дельты Аральского моря. Целью этой работы являются экологические исследования в дельте Аральского моря. Современные методы экологических исследований должны базироваться на географической информационной системе, так как геоинформационная система позволяет выполнять следующие функции:

- Проверку и визуализацию данных;
- Размещать в пространстве объекты, процессы явления окружающего мира, в соответствии с информацией, содержащейся в базе данных;
- Другой важной областью ГИС является моделирование процессов и географические прогнозы.

Создаваемая географическая информационная система Аральского региона – это реляционная пространственная база данных, содержащая следующие типы данных:

- Картографические данные (в векторном и растровом виде);
- Статистические данные;
- Аналитические данные;
- Моделирующие данные;
- Спутниковые снимки.

Создаваемая база данных нацелена на решение различных задач, приоритетным направлением является экология, в рамках проводимых исследований создан электронный атлас ГИС. Электронный атлас создан для решения практических и экологических задач, включает в себя:

1. Обычные топографические карты:
  - Растровый формат: 1:200 000;
  - Векторный формат 1:500 000.
2. Физические карты:

- Геологические;
  - Почвенные;
  - Растительности.
3. Экологические:
    - Опустынивания;
    - Загрязнения;
  4. Информация, полученная со спутниковых снимков.

### **3. Усилия ГИС в акции оценки населения.**

Английским экологом Norman Myers, совместно с американскими исследователями была предпринята попытка создания инструмента оценки влияния роста населения на биоразнообразие.

Работа проводилась в несколько этапов:

1. Для оценки роста населения были собраны статистические данные о населении земного шара (информация была получена из различных источников, в том числе из интернета).
2. Далее были созданы национальные карты.
3. На последующих этапах были сделаны прогнозы численности населения и прогнозы изменения биоразнообразия, с учетом экологической ситуации в этих странах.
4. На основании проведенных исследований были созданы различные карты в географической информационной системе.

В результате проведенных исследований была разработана концепция о биоразнообразии в “горячих” точках планеты. Хотелось бы отметить, что создание карт ГИС дает возможность лицам, разрабатывающим политические и экономические аспекты национального развития, позволяет получать информацию о том куда должны быть направлены основные усилия.

### **4. Сохранение биоразнообразия с помощью ГИС и Системы Глобального позиционирования.**

В настоящее время в Африке значительно сократилась численность слонов. Поэтому учеными Найроби и Кении была предпринята попытка с помощью географической информационной системы и системы глобального позиционирования (GPS – прибор для определения координат на местности).

Для обеспечения увеличения численности слонов необходимо обеспечить их водой и питанием. С помощью географической информационной системы и системы глобального позиционирования были созданы карты с маршрутами движения слонов и их стоянками. Работа проводилась в несколько этапов:

1. С помощью аэрофотоснимков были определены маршруты движения слонов.
2. Далее с помощью системы глобального позиционирования были определены координаты на местности.
3. Затем на карту были нанесены маршруты движения слонов и проанализирована информация об обеспечении слонов питанием и водой, были выявлены места на местности, которые требуют внимания с точки зрения улучшения условий существования.

Таким образом, с помощью этой разработки можно планировать безопасное будущее слонов и охранять их маршруты от антропогенного воздействия. Ни для кого не секрет, что в Центрально-Азиатском регионе у достаточно большого числа биологических видов, в результате хозяйственной деятельности, снизилась численность. Мы могли бы использовать опыт африканских ученых, например, при построении каких-то предприятий, следовало бы проводить оценку, каким образом это отразится на биоразнообразии.

## ***ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ***

Реальный мир состоит из многих географических компонентов, которые могут быть представлены в виде связанных слоев данных. В качестве базовых слоев информации нами при создании Географической информационной системы (ГИС) были выбраны следующие:

- Гидрология;
- Топография;
- Землепользование;
- Почвы;
- Районы и некоторые другие.

Региональная Географическая информационная система управления водными и земельными ресурсами бассейна Аральского моря (*ЕИС КИОВР БАМ - ВАРМИС*) включает два уровня:

- региональный
- национальный.

Географическая информационная система, разработанная в НИЦ МКВК включает в себя следующие информационно-графические подразделы, созданные для регионального и национального уровня:

- Топографическую информацию
- Водную инфраструктуру бассейна Аральского моря
- Ирригационные зоны, во взаимосвязи с ВАРМИС
- Почвенно-мелиоративные карты
- Гидромодульное районирование
- Урбанизированные площади
- Уровни Аральского моря за разные годы

Так как разрабатываемая нами ГИС должна отображать информацию на двух уровнях (региональный и национальный) создаются покрытия разного масштаба. Для создания каждого информационно-графического подраздела ВАРМИС было создано большое количество покрытий, в РИВЦ НИЦ МКВК создано порядка 80 покрытий, которые отражают достаточно разнообразную информацию, в табл. 1 приведены те покрытия, которые были использованы при создании карт использованных в проекте.

Таблица 1

### Перечень основных тематических покрытий

Имя покры-	Тематика покрытия
Ar_5712	Уровень Аральского моря в 1957г. (линии)
Ar_7712	Уровень Аральского моря в 1977г. (линии)
Ar_8412	Уровень Аральского моря в 1984г. (линии)
Ar_8912	Уровень Аральского моря в 1989г. (линии)
Ar_9612	Уровень Аральского моря в 1996г. (полигоны)
Ch_CAR12	Каналы Центрально-Азиатского региона (линии)
Ch_FV12	Каналы Ферганской долины (линии)
Co_CAR12	Коллектора Центрально-Азиатского региона (линии)
Co_FV12	Коллектора Ферганской долины (линии)
Sy_car12	Города Центрально-Азиатского региона (точки)
Gm_and12	Гидромодульное районирование по Андижанской области.(полигоны)
Gm_fer12	Гидромодульное районирование по Ферганской области. (полигоны)
Gm_nam12	Гидромодульное районирование по Наманганской области. (полигоны)
In_CAR12	Точки водозаборов ВАРМИС (точки)
Ip_CAR12	Орошаемые площади Центрально-Азиатского региона по спутниковым снимкам(полигоны)
Iz_buh12	Орошаемые зоны Бухарской области (полигоны)
Iz_Car12	Ирригационные зоны ВАРМИС (полигоны)
Lk_CAR12	Озера Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Nd_CAR12	Гидропосты Центрально-Азиатского региона (точки)
Ob_CAR12	Области Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Of_CAR12	Дренажные сбросы Центрально-Азиатского региона (точки)
Pz_CAR12	Зоны планирования Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Rv_CAR12	Реки Центрально-Азиатского региона (линии)
Rv_FV12	Реки Ферганской долины (линии)
Ry_CAR12	Районы Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Sm_and12	Почвенно-мелиоративное зоны Андижанской области (полигоны)
Sm_fer12	Почвенно-мелиоративное зоны Ферганской области (полигоны)
Sm_nam12	Почвенно-мелиоративное зоны Наманганской области (полигоны)
TN_CAR12	Полигоны городов Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Ts_and12	Полигоны почвенных разностей Андижанской области (полигоны)
Ts_fer12	Полигоны почвенных разностей Ферганской области (полигоны)
TS_KU12	Полигоны почвенных разностей Южной Каракалпакии (полигоны)
Ts_nam12	Полигоны почвенных разностей Наманганской области (полигоны)
TS_SYR12	Полигоны почвенных разностей Сырдарьинской области (полигоны)
TS_TAS12	Полигоны почвенных разностей Ташкентской области (полигоны)

Согласно вышеперечисленной градации в РИВЦ НИЦ МКВК создан целый ряд различных по содержанию среднемасштабных топографических карт:

1. Административная карта Центрально-Азиатского региона содержит: границы государств, областей и районов, столицы республик, областные и районные центры, каждая из перечисленных тематик представляет собой отдельный тематический слой информации.

2. Модель зоны планирования относится к моделям национального уровня, учитывает потенциалы устойчивого развития их использование и динамику:

- Производственный;
- Трудовой;
- Финансовый;
- Природный.

Создание модели зоны планирование осуществляется в непосредственной взаимосвязи с ГИС, так как оценить существующий природный потенциал невозможно без ГИС. Оценка производственного потенциала также достаточно тесно связана с Географической информационной системой, например, рационализацию посевов сельскохозяйственных культур невозможно представить себе без карты орошаемых площадей, без почвенно-мелиоративной карты, карты уровня грунтовых вод и т. д.

Зона планирования – это деятельная территория (территория, на которой осуществляется хозяйственно-экономическая деятельность, связанная с использованием водных ресурсов), в пределах которой используемые водные ресурсы формируются в единых гидрологических условиях или в единой для данной территории источнике (источниках). Зона планирования, как правило, расположена в границах административной области. Для графического представления зоны планирования создана карта «Зоны планирования» для пяти государств Центральной Азии, на этой карте выделено 44 зоны планирования.

Зона планирования - это часть территории, которая не выходит за пределы каждого конкретного государства и имеет сходные экономические, гидрологические и другие условия, это может быть как целая административная область государства, так и ее часть (например, Наманганская область разделена на две зоны планирования Наманган-Сырдарья и Наманган-Нарын).

3. Тематическое покрытие, отражающее деление территории на зоны планирования носит, не только познавательный характер, с помощью этого покрытия можно производить различный анализ графических данных. Так как территориальная единица Зона планирования была разработана непосредственно в НИЦ МКВК тематических карт ориентированных на зону планирования нет. И только путем пространственного анализа, наложением на карту засоления орошаемых площадей, границ зон планирования можно сделать вывод о том, какое количество засоленных земель относится к данной конкретной области. Аналогичную операцию пространственного анализа можно провести с любой другой тематической картой.

4. Гидрологическая карта Центрально-Азиатского региона (реки, каналы), карта создана во взаимосвязи с базой данных ВАРМИС, в которой содержатся данные об основных пропускных параметрах данных рек и каналов, их расходах, в зависимости от среднесезонных циклов, водохозяйственной деятельности, основанной на пропускных параметрах каждой реки или канала, для каждого района в отдельности. В ГИС внесена, не только информация позволяющая увидеть на карте взаиморасположение всех крупных рек и каналов Центрально-Азиатского региона, также каждому участку реки, присвоен уникальный код, при помощи которого из подблока «ВОДА» можно получить гидрологические характеристики этой реки.

5. Создана карта гидромодульного районирования для узбекской части Ферганской долины. Определение оросительных норм основывается на почвенно-мелиоративном районировании территории, учитывающем весь комплекс существующих условий почвообразования и возможные изменения их в связи с проектируемыми мелиоративными мероприятиями. Карта гидромодульного районирования была получена путем создания нескольких слоев информации, далее эти слои были наложены один на другой и выделены участки имеющие общие характеристики контурам было присвоено значение гидромодуля. Перечислим слои информации:

- Карта климатического районирования, карта с границами широтных зон (северная,

центральная или южная).

- Границы почвенно-климатических зон, выделены по типу почвообразования: А-пустынные типы почвообразования, А1-переходные к сероземам, Б-светлые сероземы, В-типичные сероземы, Г-темные сероземы.
- Почвенно-мелиоративные области:
  - «а» – область обеспеченного общего оттока грунтовых вод;
  - «а1» - область обеспеченного местного оттока грунтовых вод;
  - «б» - область подпора и выклинивания грунтовых вод в условиях интенсивного водообмена;
  - «б1» - область подпора и выклинивания грунтовых вод в различных условиях водообмена;
  - «в» - область затрудненного общего притока и оттока грунтовых вод с глубиной залегания и режимом, зависящим от местных условий;
  - «в1» - область крайне затрудненного общего притока и оттока грунтовых вод с глубиной залегания и режимом зависящим от местных условий;
- Карта глубин залегания грунтовых вод.

Таким образом, в настоящее время мы располагаем информацией, позволяющей определить нам потребность в водных ресурсах для четырех зон планирования в Ферганской долине, далее согласно гидрологической карте и данным из базы данных ВАРМИС (блок «ВОДА») мы определяем фактическое водопотребление. Соотношение этих двух величин позволяет судить о водообеспеченности водой в рассматриваемых зонах планирования.

Карта гидромодульного районирования также позволит решить задачу снижения водопотребления, так как рациональное пространственное размещение посевов сельскохозяйственных культур на орошаемых землях может существенно снизить потребность в воде. Нами планируется создание карты гидромодульного районирования для всей Республики Узбекистан, а в дальнейшем и для всего Центрально-Азиатского региона, так как наличие этой пространственной и табличной информации окажет помощь в управлении водными ресурсами в пределах гидрографических границ.

В РИВЦ НИЦ МКВК начата работа по созданию Почвенной базы данных, как графической так и описательной. В настоящее время созданы почвенные карты для Ферганской долины, Кашкадарьинской области другим областям, но работа еще не завершена. Подготовлена База данных по почвам. Принцип создания почвенных карт:

- Оцифровка почвенных карт;
- Создание полигонов с атрибутивной информацией «Номер контура» - каждый контур на карте имеет свой уникальный номер, в базе данных содержатся характеристики этого контура. Кроме того, для каждого контура Стулиной Г.В. была рассчитана потенциальная продуктивность основных сельскохозяйственных культур.
- Почвенные карты включают в себя следующие характеристики: типы почв, виды почв, механический состав почв, основные агрохимические данные.

Орошаемые зоны Центральной Азии - наглядное представление сельскохозяйственного производства на орошаемых землях. При совмещении этой тематических карты с гидрологической можно определить перспективы дальнейшего освоения земель таким образом, чтобы затраты на освоение новых земель были минимальными.

Имея границы орошаемых площадей, границы почвенно-мелиоративных зон и гидрологическую карту нами были выделены дренажные зоны для Ферганской долины.

Гидрогеологическая карта Ферганской долины, которая включает в себя данные полученные в ГИДРОИНГЕО, по результатам исследований полевым методом в скважинах различного направления, то есть как наблюдательных, разведывательных и эксплуатационных. Определены основные водоносные горизонты (запасы подземных вод,

минерализация согласно ГОСТу). В приложении приводится карта использования подземных вод на орошение. Выделены границы месторождений подземных вод.

На топографическую карту может быть наложено достаточно большое количество специальных слоев информации и в результате будет получена уникальная информация о любой, изучаемой в пределах Центрально-Азиатского региона территории. Созданная гидрогеологическая карта Ферганской долины была получена именно таким образом. На топографическую основу был наложен тематический слой месторождения подземных вод.

### ***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА***

В связи с обретением государствами Центрально-Азиатского региона независимости возникла проблема рационального управления водными ресурсами бассейна Аральского моря. В «Основных положениях Водной Стратегии бассейна Аральского моря» изложен механизм, обеспечивающий устойчивое управление водными ресурсами, основанный на их делении на трансграничные и местные водные ресурсы. Географическая информационная система может помочь в решении этой задачи. Созданная нами карта административного деления Центрально-Азиатского региона и гидрологическая карта, при их наложении дают наглядное представление о том какую часть поверхностного стока можно отнести к трансграничным водным ресурсам, а какую часть к местным. Пересекает река границы двух или более государств – трансграничная, а если речной сток формируется в пределах одного государства - местная. На сегодняшний день нами в РИВЦ НИЦ МКВК определены ирригационные зоны на местных и трансграничных источниках орошения.

ГИС может и должно применяться в управлении водными ресурсами, как на межгосударственном уровне для выработки принципов межгосударственного вододелиения, так и в пределах гидрографических границ, то есть при бассейновом управлении водными ресурсами. На сегодняшний день, имея гидрологическую карту Центрально-Азиатского региона и карту гидромодульного районирования можно создать пространственную бассейновую модель размещения посевов сельскохозяйственных культур таким образом, чтобы повысить водообеспеченность орошаемых площадей.

### ***ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В ДЕТАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОЗЕРА СУДОЧЬЕ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ АМУДАРЬИ***

Цели проекта состояли в том, чтобы идентифицировать возможности улучшения качества воды (снижение концентрации солей) и стабилизации водохозяйственного (уровни, потоки) режима для оптимизации экологических условий. Дополнительное условие для проектных решений состояло в том, что независимо от выбранного водохозяйственного режима это не должно негативно воздействовать на дренажную обстановку или состояние грунтовых вод вообще в хозяйстве Раушан, расположенном на юго-востоке проектной территории.

Работы сконцентрировались на следующих основных элементах:

Полевые исследования для сбора экологических, социально-экономических, топографических и геологических данных, необходимых для проектирования сооружений и идентификации оптимального водохозяйственного режима.

Работы по гидрологическому моделированию для поддержки проектирования и оптимизации множества различных вариантов водохозяйственных мероприятий отно-

сительно стоимости и гидро-экологического воздействия.

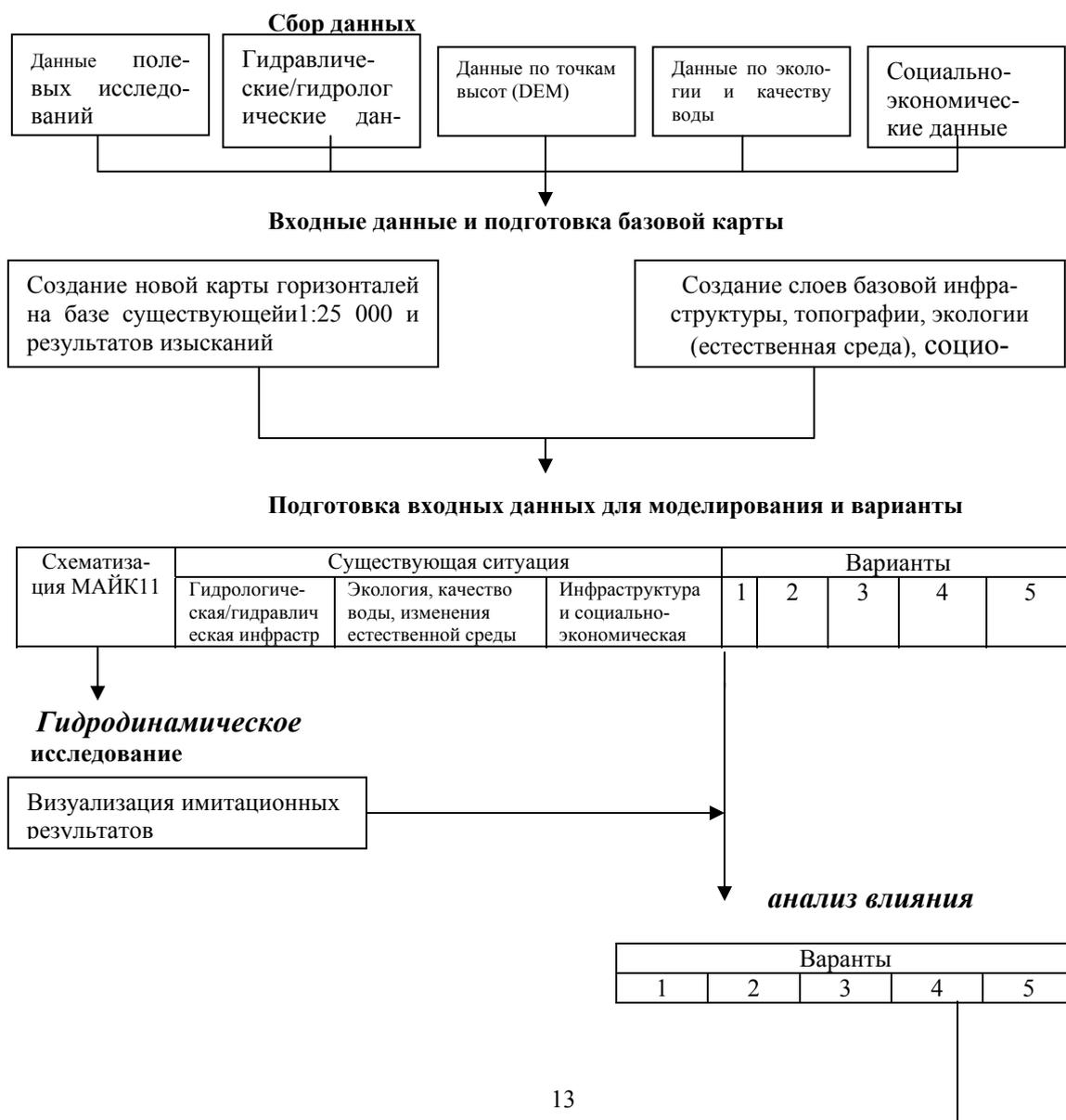
Результаты полевых исследований на основании которых был создан картографический материал и остальные собранные данные были введены в базу данных проекта, находящуюся в ВЭП САНИИРИ, Ташкент. Все данные представлены в цифровом формате и содержатся в пространственной (ArcInfo) и не пространственной (главным образом таблицы Excel) базах данных.

Гидрологические вычисления на стадии гидрологической характеристики были выполнены с использованием модели ВЭП САНИИРИ, а для проверки и имитации различных водохозяйственных вариантов было применено датское гидравлическое программное обеспечение MIKE 11. Результаты имитаций имеются в электронном виде в библиотеках ВЭП САНИИРИ, Ташкент и Resource Analysis в их Антверпенском офисе в Бельгии.

В проекте определена роль пространственной базы, создаваемой в ГИС для решения задач проекта. Полученные в результате проведенных исследований результаты говорят о том, что были выбраны правильные подходы для проектирования инфраструктуры восстановления водно-болотных угодий озера Судочье. На схеме 1 представлена роль пространственной базы в этом проекте.

### Схема 1.

#### Роль пространственной базы данных в проекте ветланды Судочья



**Выбор наиболее  
подходящего варианта**

Подготовка карт и результатов



Визуализация выбранного варианта и  
его влияния на ветланды Судочья

**Задачами для ГИС в проекте было:** оцифровка топографических карт масштаба 1:25 000 для построения детальной топоосновы рельефа участка исследований. Затем по построенным изолиниям оцифрованной карты (изолинии были построены через 0,5 м в то время как на оригинале через 2,5 м) был отснят профиль дна озера в абсолютных отметках. Программа MIKE 11, используя значения профиля, рассчитывает направление и количественную характеристику потоков воды, при различных сценариях восстановления экосистемы Судочья. Помимо этого были оцифрованы и трансформированы большинство тематических карт по данной территории для того, чтобы в процессе выбора сценария основываться на данных пространственного анализа ГИС.

Все проектные работы, так или иначе, представлены картами. Созданы карты:

- Затопляемые территории Судочья;
- Области растительности территории Судочья;
- Изолинии засоления озер Судочья и другие.

На наш взгляд, опыт этого проекта может быть распространен на достаточно большое количество исследований, которые будут проводиться в будущем.

**В проекте, финансируемом INTAS – «Социально-экономическая оценка ущерба под влиянием снижения уровня Аральского моря»** с помощью ГИС произведена оценка изменения ландшафтов в четырех районах Узбекской части Приаралья.

Работа была выполнена следующим образом:

- Создана карта ландшафтов на 1960 год;
- Карта современного состояния.

Таким образом, с помощью географической информационной системы были получены числовые характеристики изменения ландшафтов и их графическое представление.

Для Республики Каракалпакстан была проанализирована динамика изменения засоленных земель: карта засоленных земель 1965 года, 1975 года и 1995 года.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что мелиоративное состояние земель в Республике Каракалпакстан ухудшается. В общем, для дельты характерно снижение площади луговых и тугайных ландшафтов и постепенное увеличение территорий с ландшафтами солончаковых, такырных и песчаных равнин.

### **СОЗДАНИЕ КАРТ В ГИС**

Для работы с Географической информационной системой необходимо следующее:

#### *1. Технические средства:*

- компьютер;
- дигитайзер, связанный с компьютером;

- принтер для распечатки готовых карт (цветной или черно-белый);
- плоттер (для распечатки карт большого формата).

### *2. Программное обеспечение:*

- ArcInfo;
- ArcView.

### *3. Источники информации:*

- карты;
- статистические и прогнозные данные.

Основной особенностью создания карт с использованием ГИС является выделение среди множества объектов реального мира группы объектов, объединенных общими признаками. Чтобы представить наглядно принципы построения карт с использованием ГИС приведем следующий пример: предположим, что на кальку нанесены изолинии определенной местности, далее сверху ложится чистый лист кальки и наносятся реки (этой же местности), на следующий лист, лежащий поверх первых двух нанесем населенные пункты, на четвертый – автодороги и т.д. В результате мы получим обычную топографическую карту, но состоящую из нескольких слоев. Чем больше слоев информации мы имеем по данной территории, тем легче создать уникальные карты для решения каких-либо специфических задач. В терминологии ГИС подобные слои называются тематическими слоями (покрытиями).

Рассмотрим более подробно процесс создания тематического слоя информации, кроме пользователя и компьютера в нем принимает участие и программный инструментарий. В процессе работы в ГИС обычно выполняется следующие действия с данными: ввод, манипулирование, анализ и непосредственно подготовка карты.

## ***ВВОД ДАННЫХ В ГИС***

**ArcInfo** служит для ввода пространственных данных в компьютер. Существуют два основных типа картографической информации:

- Пространственная информация, описывающая положение и форму географических объектов и их пространственные связи с другими объектами;
- Описательная информация об этих объектах (атрибуты).

Информация на карте представляется графически в виде набора компонентов карты, для каждого графического объекта карты заносится описательная информация - атрибутивная. То есть для каждого объекта в географической информационной системе создается не только его графическое представление, но и таблица с информацией. Автоматически в эту таблицу заносятся следующие показатели:

- Длина линии – для линейных объектов;
- Периметр и площадь полигона – для площадных объектов;
- Пользовательские поля – заносятся разработчиками ГИС.

Существует несколько базовых элементарных фигур используемых для отображения реальных объектов различного типа. Мы используем:

- **Точку** – точечные элементы представляют точечные объекты или метки полигонов. Они изображаются знаками, подписываются, используя значения атрибутов. Точка на карте обычно обозначают скважины, водозаборов из подземных вод, скважины наблюдения за мелиоративным состояние земель, высоты на местности и другие.
- **Линию** – линейные элементы это дуги, например, дороги или водотоки. Дуги изображаются линиями и подписываются, используя значения атрибутов.
- **Ограниченную фигуру (контур)** – площадные объекты, это полигонные объекты, например, участки землепользования, границы районов, областей и государства. Кро-

ме того, в качестве полигонов выступают также границы орошаемых площадей, границы дренажных зон и другие тематические полигоны. Границы полигонов изображаются линиями. Полигоны могут быть закрашены, причем разными цветами и типами штриховки. Можно также подписывать полигоны, используя значения атрибутов.

Для точечных объектов заносится, например, номер скважины. Для линейных объектов в табличную информацию ГИС в первую очередь заносится идентификатор линии, например для водной инфраструктуры нами приняты следующие идентификаторы: 7 – коллектор, 9 – канал, 10 – река, также для основных рек и каналов в базу данных рек вносятся коды рек, которые разработаны для базы данных ВАРМИС, для того чтобы осуществить связь географической базы данных и блока “Вода”, связав две эти базы данных можно делать водные балансы.

Для ввода пространственных данных следует:

- Подобрать карту-основу хорошего качества;
- Определить последовательность действий;
- Провести подготовку карт;
- Оцифровать карту.
- Провести исправление ошибок;
- Провести трансформацию покрытия в нужную систему координат.

**Карта основа** – условно картографический материал можно разделить на две группы:

- топографические карты;
- тематические карты.

Топографическая карта – картографическое изображение на плоскости в ортогональной проекции в крупном масштабе ограниченного участка местности, в пределах которого кривизна уровенной поверхности не учитывается. Топографические карты классифицируются по масштабу:

- крупномасштабные - 1:200 000 и крупнее;
- среднемасштабные – мельче 1:200 000 до 1:1 000 000 включительно;
- мелкомасштабные – мельче 1:1 000 000.

Тематическая карта – карта, основное содержание которой определяется отображаемой конкретной темой. Тематические карты подразделяются на карты:

- природных явлений (физико-географические) – климатические, гидрологические, гидрогеологические, рельефа и т. п.;
- общественных явлений – населения, экономики, политико-административного деления и т. п.

**Последовательность действий** – зависит от вида карты, например, топографические карты сразу создаются в реальной системе координат, а тематические карты создаются в локальной системе координат, а затем трансформируются в реальную систему координат.

**Оцифровка** – это процесс преобразования пространственных объектов карт в цифровой формат, то есть внесение объектов с бумажной копии карты в компьютер. Отцифровка заключается в обведении контуров всех объектов карты. Точность оцифровки зависит от качества оригинала карты. Оригинал должен быть в хорошем состоянии, без разрывов и перегибов.

Для оцифровки карту следует закрепить на поверхности дигитайзера, а затем обвести точки и линии курсором дигитайзера. Оцифровка с дигитайзера выполняется вручную, либо путем предварительного создания растровой копии карты специальным устройством – сканером, а затем ручной оцифровкой дискретных объектов с экрана

компьютера.

**Исправление ошибок** – после того как оцифровка завершена, надо убедиться, что уже оцифрованные данные на покрытии не содержат пространственных ошибок:

- Все объекты, которые должны быть оцифрованы, действительно имеются (нет пропущенных данных);
- Все, что оцифровано, имеется на карте (нет лишних данных);
- Все объекты правильно расположены, и дуги имеют правильную форму;
- Объекты, которые должны быть связаны – действительно связаны;
- Каждый полигон имеет одну и только одну метку;
- Все объекты находятся в пределах внешних границ карты.

Исправление ошибок – одна из важнейших стадий создания графической базы данных. До тех пор пока не исправлены ошибки, расчет площадей, любые виды анализа и выдаваемые карты не будут верны. Например, полигоны, не имеющие меток, не могут быть поставлены в соответствие описательные данные, а незамкнутый полигон сольется с окружающими полигонами. Исправление ошибок означает, что добавляются отсутствующие данные, а неверные стираются и заменяются правильными.

**Трансформация** – проводится трансформация карты из локальной системы координат в реальную систему координат, используется для тематических карт.

При создании тематического слоя информации следует иметь в виду, что карта, которую необходимо ввести в компьютер может быть сделана, как в реальной географической системе координат (топографическая основа), так и в локальной системе координат, как большинство тематических карт (например, карта месторождений подземных вод). Если карта введена в компьютер в локальной системе координат, то ее необходимо трансформировать в реальную систему координат.

На каждой тематической карте кроме ее тематики представлена топографическая основа, то есть границы областей, водная инфраструктура и озера. Создается два покрытия одно пустое в реальной системе координат и базовое оцифрованная с дигитайзера тематическая карта. Далее расставляются в одинаковых местах реперные точки (характерные) для обеих карт. Например, точка пересечения реки о границы области или характерный изгиб реки. Карта трансформируется с помощью **ArcInfo**, если при трансформации выдается небольшая ошибка, то процесс можно считать законченным, если ошибка большая, то процесс необходимо продолжить.

Далее о каждом объекте карты заносится в компьютер атрибутивная информация. Когда этот процесс закончен можно приступать к созданию непосредственно карты в **ArcView**.

Создание различных слоев информации может занимать более или менее продолжительное время, все зависит от необходимой степени детализации и, естественно, реальной площади, для которой создается карта. Создание оросительной сети государства и конкретного хозяйства не могут занять одно и то же время.

Каждое тематическое покрытие связано с базой данных ГИС, куда вносится вся информация по данному покрытию. База данных цифровой карты включает два типа информации: пространственную и описательную, которые хранятся компьютером в виде набора файлов, содержащих либо пространственную, либо описательную информацию об объектах карты. Объединение данных позволяет получить доступ к информации в табличной базе данных через карту или создать карты на основе этой информации.

Покрытия и связанные с ними таблицы атрибутов объектов являются основными строительными блоками базы данных ГИС.

Географические объекты создаются и хранятся в виде отдельных слоев в соответствии с типами объектов (точечные, линейные или площадные) и логической груп-

пировкой объектов (водотоки отделяются от дорог, потому оба эти класса имеют специфические атрибуты).

## ***ARCVIEW. СОЗДАНИЕ КАРТ***

Когда процесс создания покрытий и введения атрибутики закончен можно приступить к созданию непосредственно карты в **ArcView**.

**ArcView** содержит многочисленный набор инструментов, ориентированных на данные и графическую информацию: графические связи, конвертирование, масштабирование. **ArcView** предоставляет возможность географически, то есть в более наглядной и удобной для восприятия форме отображать, исследовать и анализировать данные. Для создания карты в **ArcView** необходимо иметь несколько законченных тематических слоев информации. Внутри **ArcView** слои группируются в карты с помощью видов. Набор карт, их атрибуты и конструкция составляют проект.

Первым действием, которое вы выполните, является создание вашего рабочего проекта в **ArcView**. Создание карты можно разделить условно на два этапа:

- Создание вида. Вид это рабочая карта, которую можно редактировать, с помощью которой можно анализировать пространственные данные. В вид вы вносите все тематические слои информации, которые, вы хотели бы видеть на создаваемой вами карте. Также используя стандартные средства **ArcView** можно строить диаграммы, графики и в последующем выносить их на карту.
- Далее вы создаете компоновку, то есть законченную карту с легендой и со всеми необходимыми пояснениями.

Создание карт в географической информационной системе достаточно трудоемкий процесс, каждая законченная тематическая карта представляет собой несколько слоев информации. Например, для создания карты Центрально-Азиатского региона использовались следующие слои информации:

- Границы государств (линейные объекты);
- Границы областей (линейные объекты);
- Границы районов (линейные объекты);
- Реки ЦАР (линейные объекты);
- Каналы ЦАР (линейные объекты);
- Коллектора (линейные объекты);

Озера ЦАР (площадные объекты); и другие.

С помощью ГИС визуализация самих карт может быть дополнена графиками, таблицами, диаграммами, трехмерными изображениями, фотографиями и другими средствами. Процесс создания карт в ГИС намного более прост и гибок, чем в традиционных методах ручного или автоматического картографирования. Подготовленные в ГИС картографические базы данных (слои данных) могут быть непрерывными (без разделения на отдельные листы) и не связанными с конкретным масштабом или картографической проекцией. В любое время база данных может пополняться новыми данными, а имеющиеся в ней данные можно корректировать и тут же отображать на экране по мере необходимости.

Хотелось бы отметить, что трудоемкий процесс создания карт описан нами в достаточно общих чертах, так как не имеет смысла перегружать внимание читателей дополнительными подробностями, которые он достаточно легко может почерпнуть из руководств пользователю к этим программным продуктам.