

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

П.В. Жумарь (Белорусский государственный университет)

В географии геохимическое направление сформировалось на стыке ряда научных дисциплин: физическая и коллоидная химия, геология, география и получило развитие в ландшафтоведении и экологии. Сформировалась геохимия ландшафтов и в связи с экологизацией наук появилась геохимическая экология, которая призвана решать следующие задачи:

- разработка методов и технологий снижения уровня загрязнения природной среды;
- изучение закономерностей миграции, накопления, перераспределения и трансформации загрязняющих веществ в природных и природно-техногенных системах;
- нормирование поступления поллютантов в окружающую среду;
- разработка принципов, методов и технологий управления техногенезом.

Работая в этом направлении ученые и специалисты накопили большой объем новейшей и чрезвычайно динамичной информации.

С другой стороны, в прикладной области данной науки сложилась такая ситуация, что эколого-геохимическая обстановка в ряде регионов планеты достигла критического уровня и требует немедленного вмешательства, начиная от уровня экологических экспертиз и вплоть до направленного искусственного внешнего воздействия на экосистемы с целью их ренатурализации. Следовательно, экспертам и проектировщикам необходим оперативный доступ к регулярно обновляемой информации.

Большая часть информации, посвященной этим вопросам, имеет определенную пространственную локализацию и, следовательно, требует картографического представления. В последние годы интерес к созданию экологических карт с геохимическим содержанием возрастает. Данное обстоятельство не могло не послужить рождению нового направления – эколого-геохимического картографирования. Без учета пространственного распределения информации невозможно провести достаточно точный ее анализ. Помещая данные на карту можно установить характер распределения объектов или явлений, проследить их пространственно-временную динамику, сопоставляя различные данные обнаружить вызывающие и сопровождающие процессы. При этом графическое представление данных, помещенных на карту, воспринимается намного лучше, чем большое количество различных таблиц и диаграмм.

Но процесс создания традиционной печатной карты крайне кропотлив и трудоемок. При этом, прежде чем нанести информацию на карту ее нужно как-то накапливать, хранить, обрабатывать, анализировать. Кроме того, существует информация, которую не всегда возможно прямо нанести на карту. Следовательно, печатные карты не могут нести полную информацию об объекте. Данные, особенно в крупных масштабах, постоянно изменяются и старые карты уже не отображают действительность, обновлять же печатные карты затруднительно.

Для рационализации решения поставленных задач информация переводится с бумажных носителей на машиночитаемые и здесь возникает проблема их организации и структурирования в электронном виде.

ПОНЯТИЕ О РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

Из всех существующих моделей организации, структурирования и представления данных наиболее распространены реляционные, которые легли в основу большинства существующих ныне баз. Концептуальные основы реляционных (от relatio – отношение) моделей данных были

разработаны еще в начале 70-х гг. на базе математической теории отношений. Именно отношение является основным средством структуризации информации, которые представлены в виде электронной таблицы. Таблица состоит из строк и столбцов и имеет уникальное имя внутри структуры данных. Каждый столбец является атрибутом – элементарным данным, описывающим то или иное свойство реального объекта, а

каждая строка (запись) – их набором. Числом атрибутов в таблице задается степень отношения: один атрибут – унарное отношение, два – бинарное, n – n-арное. Само отношение реализуется через

так называемый ключ отношения – совокупность атрибутов, имеющих уникальную идентификацию. Рассмотрим это понятие на примере реляционной модели (рис. 1).

ID	Предприятие	Водозабор	№ скважины	Na	Ca	Cl
1	1 РУ ПО «Беларуськалий»	3	306097	51,6	75,3	460,8
2	УП «Шахтоспецстрой»	2	337802	14,3	90,6	385,2
3	ГМЗ №2	1	301612	11,2	89,9	95,0
4	Автопарк №1	3	306097	51,6	75,3	460,8
5	ОАО «Свитанок»	2	302847	16,4	50,4	209,3

а



№ скважины	ID скважины	Удельный дебит
306097	1	6,4
337802	2	2,3
301612	3	4,1
302847	4	2,3

б

Рис. 1. Схема реализации отношений в таблицах баз данных.

Таблица «Ионный состав» (рис. 1, а) содержит сведения об ионном составе воды, потребляемой предприятиями из конкретных источников водоснабжения. Каждый столбец является набором значений одного атрибута какого-либо объекта, а строки – множеством значений атрибутов. Так, столбец «Предприятие» содержит множество значений – названий предприятий, а столбец «Na» – содержание ионов натрия в воде, представленного в виде десятичных чисел.

Любая таблица имеет как минимум один столбец, значения которого однозначно идентифицируют каждую ее строку. Такой столбец называется первичным ключом. В таблице «Ионный состав» таковым является столбец ID – уникальный код предприятия, по которому из таблицы извлекается необходимая информация. Значения этого столбца не могут дублироваться ни при каких условиях, ни в одной строке.

Взаимосвязь таблиц поддерживается внешними ключами – столбцы, содержащие информацию, находящуюся в двух таблицах. Так, информация о скважинах, снабжающих водой предприятия, содержится как в таблице «Дебит», так и в таблице «Ионный состав». Первичный ключ таблицы дебит – столбец «№ скважины» (рис.1, б). В таблице «Ионный состав» есть столбец с тем же именем. Данные для него подставляются из столбца «№ скважины» таблицы «Дебит», следовательно столбец «№ скважины» является внешним ключом в таблице «Ионный состав».

Соединить в себе возможности картографического моделирования и преимущества реляционных баз данных позволяют геоинформационные системы (ГИС). ГИС работает с пространственными данными, которые кодируются в виде набора координат X, Y.

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ КАРТЫ С ПОМОЩЬЮ ArcView

Работа специалиста-эколога часто связана с построением специальных эколого-геохимических карт, поэтому современные ГИС, к которым относится программа-оболочка ArcView, представляют собой реальную помощь в плане автоматизации процессов картосоставления и повышения качества конечного продукта. Картину текущего пространственного распределения отдельных эколого-геохимических характеристик для анализа и дальнейшего прогноза можно создать путём выполнения определенного алгоритма, реализованного в программной среде в среде ГИС, в частности ArcView. Для создания эколого-геохимической карты в ArcView желательно ознакомиться с основными понятиями данной системы, которые приведены ниже.

Основным принципом работы ГИС, ArcView в частности, является связь объектов на карте с информацией о них, т. е. их *атрибутами*. За счет этой связи пользователю доступны атрибуты любого объекта. В нашем случае атрибутами населенного пункта или сельсовета будут являться геохимические показатели. Объекты и их атрибуты образуют единую целостную динамическую совокупность, называемую *темой*. Поскольку информация в ГИС хранится в виде слоев (покрытий, карт-подложек, и др.), то тема будет соответствовать слою (рис. 2). Атрибутивные данные каждому тематическому слою присваиваются пользователем. Группа тем образует *вид*. В окне вида можно с помощью мыши включать и отключать темы, формируя его картографическое изображение. Атрибуты каждой темы записываются в ее таблицу, имеющей свойства СУБД и хранятся отдельным файлом с расширением dbf.

Каждому объекту темы, как и в СУБД, присваивается уникальный код (ID). Это поле является ключевым. Объект характеризуется совокупностью данных, отраженных в полях Д1, Д2, ..., Дn, где Д

является его характеристическим параметром (атрибутом) (рис. 2). Так, например, для темы «Почвы» атрибутами будут ее физические (влажность, пористость, порозность и др.) и химические свойства (рН, Eh, содержание К, Р, N, Са и др.).

Каждый источник данных закрепляется за темой и отображается в виде слоя. Последовательность вывода тем на экран при формировании изображения определяется порядком их перечисления в оглавлении Влада.

Основной пространственный формат ArcView – так называемые shape-файлы, являющиеся форматом, предназначенным для хранения геометрии и атрибутивной информации множества географических объектов. Геометрия объектов хранится в качестве формы, описанной набором векторных координат (точка, линия, полигон). Для каждого шейп-файла автоматически создаются три файла следующих форматов: SHP (файл геометрии объектов – формы и местоположения); SHX (файл индекса геометрии объектов); DBF (файл dBASE, хранящий атрибутивную информацию об объектах). ArcView создает также четыре других индексных файла для ускорения процессов анализа и запроса. Файлы форматов SBN и SBX используются для индексации пространственных данных, а .AIN и .AIX (для индексации атрибутивных данных).

Кроме того, теме может соответствовать: картинка (фотоснимок, чертеж, спутниковая информация, отсканированный рисунок), табличные данные, покрытия ArcInfo и др.). Существенным преимуществом данной системы является ее пользовательский интерфейс, подобный стандартному интерфейсу Windows.

Итак, рассмотрим пример построения эколого-геохимических карт в ArcView. Составление любой карты следует начинать с постановки задачи, т.е. что нужно картографировать, для каких целей, в каком масштабе и т.д. Ответ на этот вопрос позволит нам определиться с

выбором основы картографирования и источниками данных для карты.

В качестве основы могут выступать готовые комплекты геоданных, поставляемых в пакете ArcView и других продуктах ESRI, геоданные из внешних источников (сервера базы данных, Интернет и др.), материалы GPS-съемок и др. Геоданные – это пространственные

данные, хранящие координаты и формы географических объектов, а также атрибутивную информацию, сообщающую о том, что именно представляет собой данный объект. Как правило, все они имеют векторный формат и привязку к мировой системе географических координат.

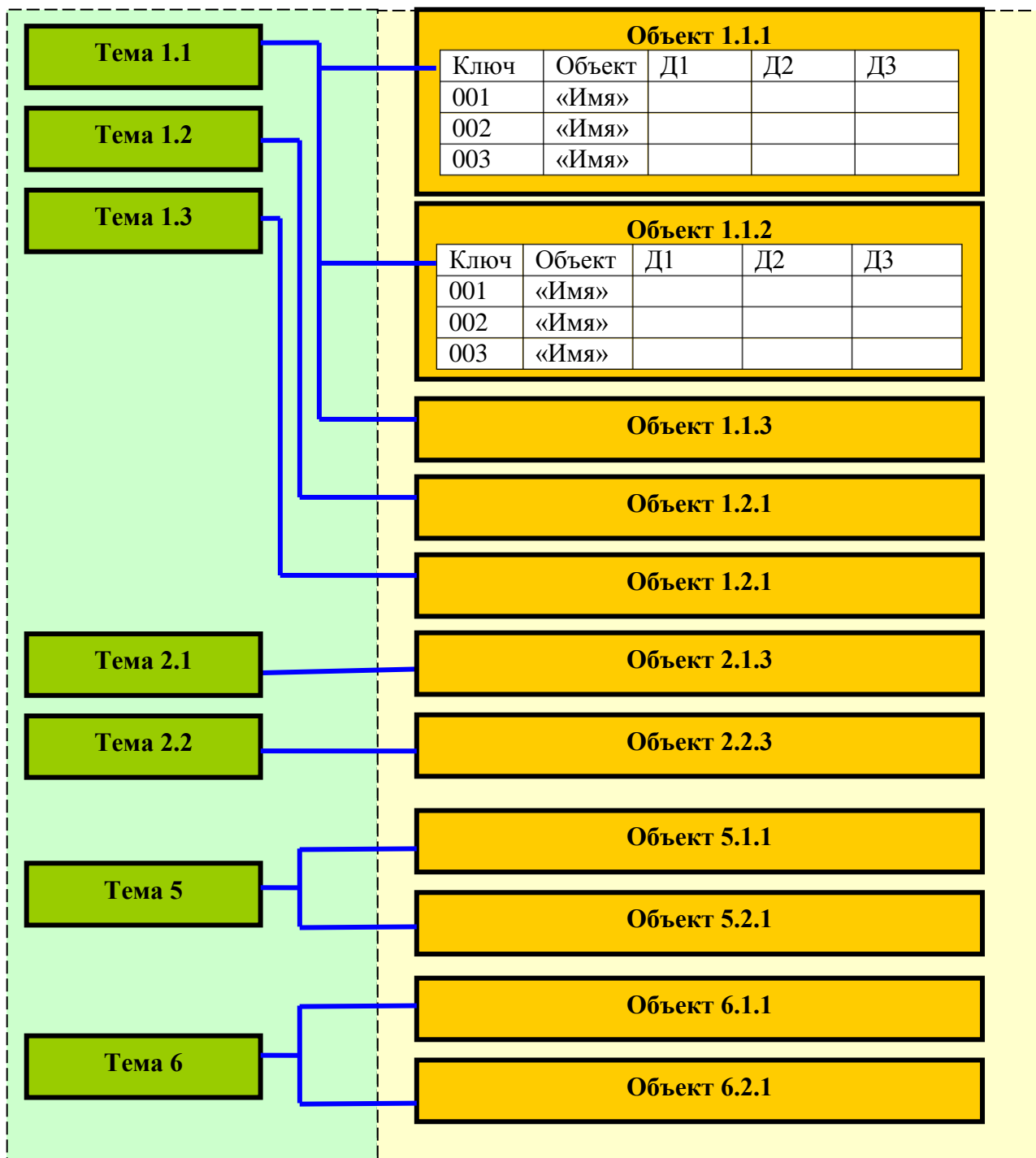


Рис. 2 Пример слоев ГИС и их связь с атрибутивными данными.

При работе с растровыми источниками (топографическими картами, планами и др.) необходимо произвести такую привязку и перевести в векторную форму элементы содержания, необходимые для дальнейшей работы. Обычными примерами изображений, являются фотоснимки со спутника; фотографии, полученные с помощью радиосвязи; а также сканированные документы (данные, переведенные из печатного в цифровой формат). Растровые изображения можно добавлять как тему и отображать в ArcView. Изображения часто используют в качестве фона (подложки) для отображения или ввода других пространственных данных. В ArcView осуществляется поддержка

следующих форматов изображений: TIFF, BMP, JPEG и др. Для географической привязки растрового изображения нужно запустить модуль Register and Transform Tool (Инструмент регистрации и привязки) (рис. 3). Выбирается способ аффинного или конформного преобразования и с помощью инструмента геопривязки проставляются точки с известными координатами и вводятся их значения из каталога координат. После ввода необходимого количества координат они сохраняются в мировом файле (World File) с расширением TFW. На каждом из листов растра таких точек должно быть не менее четырех.

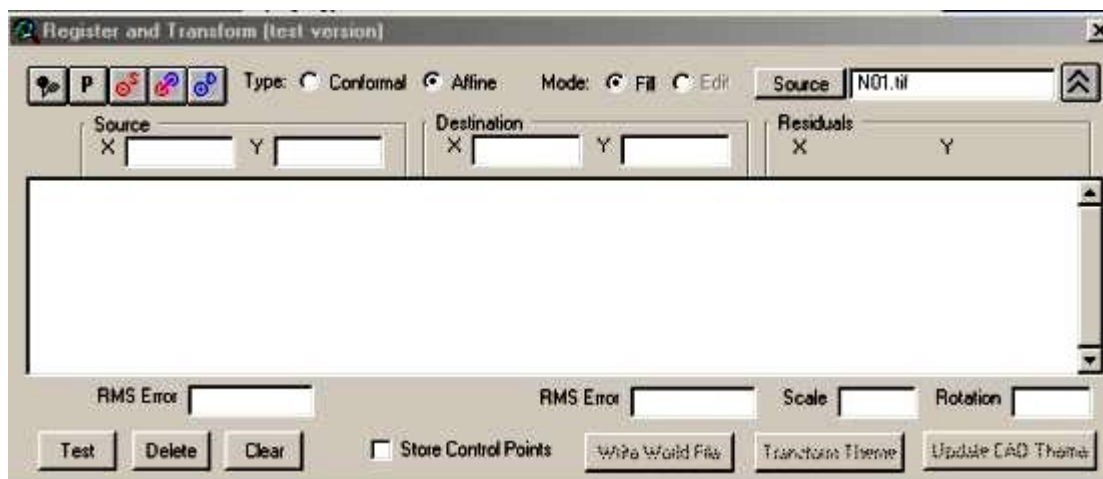


Рис. 3. Окно модуля привязки и трансформации растровых изображений

Эта операция может производиться также с помощью специальной программы трансформации и привязки растрового картографического изображения Geographic Transformer. Данная программа позволяет также переводить изображения из одной проекции в другую. Поэтому можно без искажений наложить друг на друга листы карт разной тематики и совместить их края. Трансформированное изображение вместе с файлом трансформации добавляется в вид ArcView в качестве растровой темы (рис. 4). При этом не происходит ссылка на файлы источников

данных, их дублирование или копирование в проект.

Для того, чтобы перевести какие-либо данные из растровой формы в векторную, нанести готовые векторные данные или ввести свои необходимо создавать новую тему. В том же самом меню Вид (View), что и на рисунке 6, выбирается пункт Новая Тема (New Theme). После этого появляется окно создания новой темы, в котором нужно выбрать тип объекта: точка, линия или полигон (рис. 5а) и после этого появится окно запроса, предлагающий определить название новой темы и место ее хранения на жестком диске (рис. 5б). Тема

добавится в текущий вид. После этого появится возможность добавлять к ней объекты и атрибуты.

Объекты добавляются с использованием инструментов рисования (Draw), чтобы создать новые объекты

карты в зависимости от выбранного их типа в окне, показанном на рисунке 5а. Размер пространства, занимаемого новым объектом, и единицы его измерения определяются по координатам.

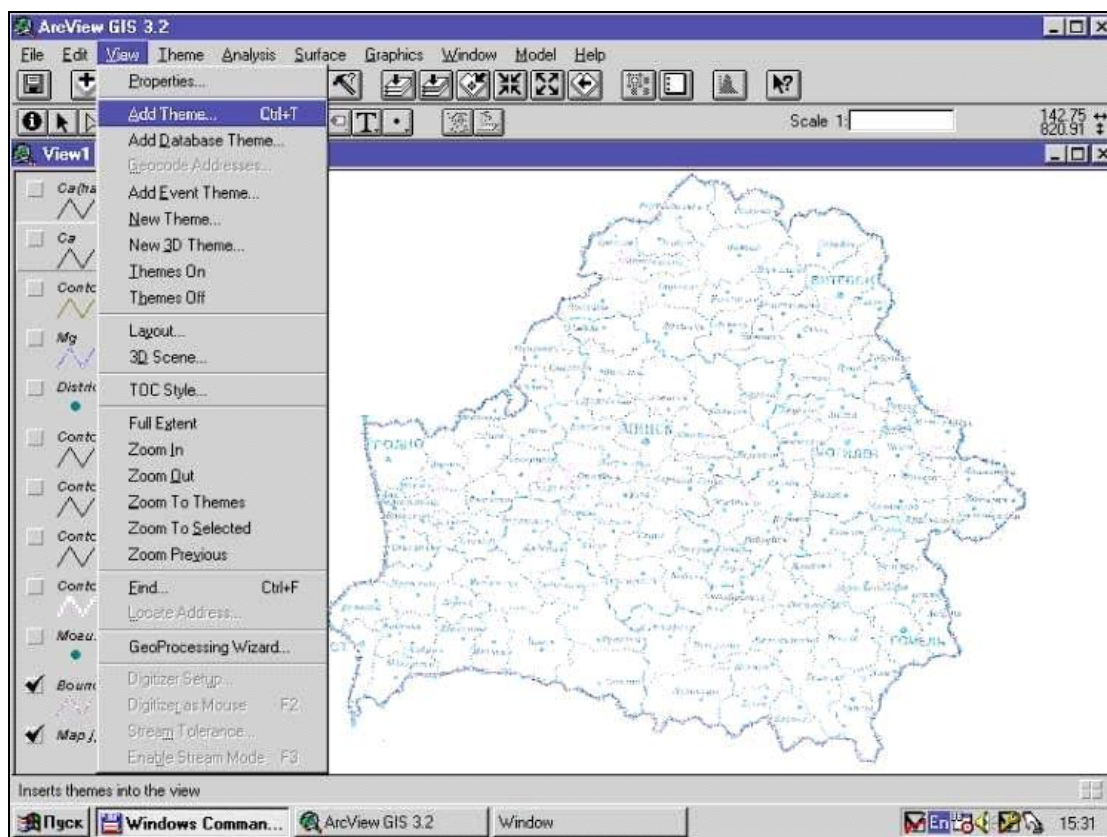


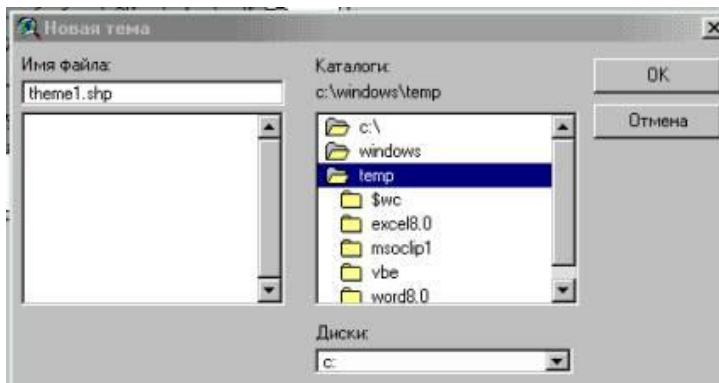
Рис. 4. Добавление темы в вид ArcView

При создании каждой новой темы автоматически генерируется таблица ее атрибутов в формате dBASE. Число строк в такой таблице обычно соответствует числу объектов в данной

теме. Таблицы тем можно редактировать: добавлять новые столбцы и строки, изменять значения атрибутов, рассчитывать новые атрибуты на основе имеющихся и т.д.



а



б

Рис. 5. Создание новой темы

На основе табличных данных пользователь ГИС имеет расширенные возможности представления информации в картографическом виде; анализа местоположений, нахождению потенциальных местоположений по множеству критериев, связывании экологической информации с геологическими структурами, ландшафтными условиями, техногенезом, состоянием здоровья населения и т. д.

Для доступа к таблицам баз данных в ArcView возможны два пути: создание темы базы данных и ручное внедрение таблицы, конвертированной в DBF-формат. Строить карты по данным внедренных таблиц можно только после их объединения с таблицами атрибутов темы. Основное требование к объединению таблиц заключается в том, чтобы каждая из них имела идентичное поле с одинаковым числом значений. В противном случае объединение не состоится (рис. 6).

Очень важным преимуществом ArcView является возможность проведения пространственного анализа с помощью встроенного модуля Spatial Analyst. С помощью этого модуля легко устанавливать и анализировать пространственные отношения между данными. Главным компонентом этого модуля является так называемая грид-тема (от англ. grid – сетка).

Грид-тема является географическим слоем, где пространство представляет собой сеть из квадратных ячеек. Каждая ячейка хранит числовое значение данных, которая передает информацию относительно

географического объекта, который она представляет. Каждая грид-тема имеет собственное отображение в содержании Вида.

Для построения карт таких показателей как содержание загрязняющих веществ в депонирующих средах (почвах, воздухе, геологических формациях) или плотность загрязнения удобно использовать способ изолиний. Изолинейная тема строится на основе введенных грид-тем. На их основе рассчитываются значения изолиний, которые сохраняются в теме, производной от них. Такие темы содержат поле Contour (Изолиния), в таблице атрибутов которого есть список значений для каждой изолинии.

В ArcView предусмотрены следующие методы построения изолинейных поверхностей: метод средневзвешенных расстояний и метод сплайнов.

Метод *средневзвешенных расстояний* целесообразен для построения детальных карт загрязнения почвенного покрова, когда опорные точки расположены достаточно плотно. Полученные карты наиболее достоверны, так как метод не дает нежелательных «всплесков» функции, т.е. расчетные значения загрязнителя не будут превышать его реальное содержание в базисных точках. Достоинством метода является «локальность», т.е. на значение моделируемой функции и ее производных в любой точке практически не влияют значения в опорных точках, «далеко» отстоящих от нее. Это важно по нескольким причинам: аномально

высокие концентрации на отдельных участках не вносят существенных ошибок в общую картину распределения загрязнителя; можно точнее идентифицировать многочисленные источники загрязнения, так как данный алгоритм направлен на их разделение, а не на слияние; максимально учитывается возможная неоднородность почвенного покрова и загрязнения (не только рассеянное загрязнение через атмосферу, но и импактное — складирование токсичных веществ, разливы и т.п.).

Метод *сплайнов* оптимально использовать для построения карт загрязнения снежного покрова, так как он дает наиболее представительные результаты по редко расположенным базисным точкам (точки опробования при снегогеохимических съемках располагаются достаточно редко, причем каждая является осредненной из 10 – 15 образцов). При построении карт загрязнения этим методом получается

наиболее плавная картина распределения загрязнителей, что соответствует природе формирования атмогеохимических техногенных аномалий. Основным недостатком метода – возрастание ошибки при количестве базисных точек более 150 – в данном случае не является ограничением, так как число точек опробования снежного покрова даже крупного города редко превышает 100 – 120.

Для *грид-тем*, не связанных с центрами ячеек производится интерполяция линии, представляющей местоположения с определенной величиной. Линия редко будет проходить через центры ячеек. Когда линия сглаживается, то она действительно представляет определенный контур поверхности. Можно создать отдельную изолинию, нажимая на инструмент *Contour*, и затем выбирать местоположения в виде. Изолиния будет построена по выбранным точкам.

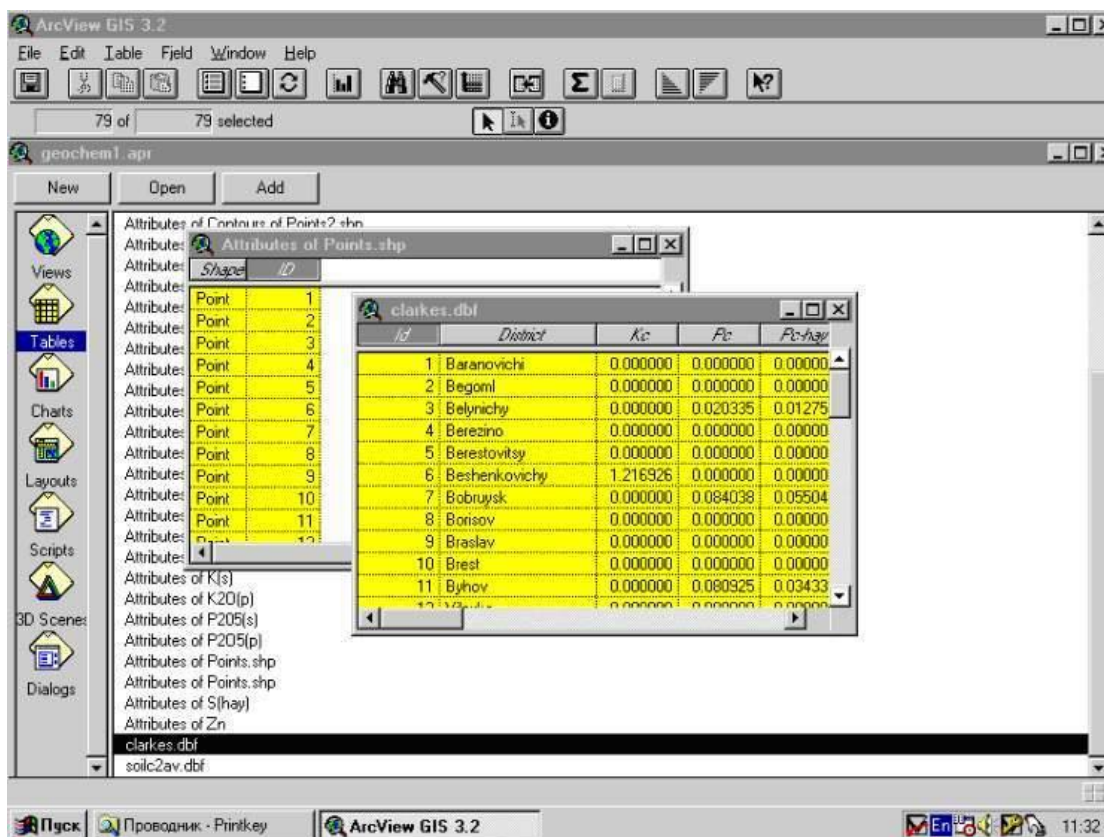


Рис. 6. Слияние таблиц в ArcView

Рассмотрим эту процедуру на примере построения моноэлементных

эколого-геохимических карт. Задача состоит в получении карты кларков

метода в соответствующем диалоговом окне пользователем определяются следующие параметры: «Ближайшие соседи» (Nearest Neighbors), куда вводятся число соседних точек, необходимых для расчета; «Фиксированный радиус» (Fixed Radius) вводится в единицах карты для определения расстояния от точки, в пределах которого будет выполняться расчет; «Степень» (Power), которая определяет экспоненту расстояния, используемого для расчета, необходимую для контроля значимости анализируемых соседних точек, при этом наивысшая степень результатов в меньшем влиянии отдаленных точек; «Барьеры» (Barriers), где вводится линейная тема, которая ограничивает территорию, точки которой могут быть использованы для расчета, даже если эти точки находятся в пределах установленного расстояния (например, линии водоразделов, изогипсы, водотоки и т. п.). То есть в качестве барьера выбирается линейная тема или не выбирается вовсе, если мы не хотим накладывать каких-либо территориальных ограничений.

По завершении процедуры расчета появляется диалоговое окно, в котором нужно указать шаг интерполяции (интервал, через который будут проведены изолинии) и выбрать ее базис (изолиния, от которой будет начат отсчет).

Метод сплайновой интерполяции (Spline) предназначен для расчета поля концентраций химических элементов. Сущность его заключается в проведении изолинии между точками, значения которых заданы а priori, окружающих пиксели со значением отличным от них. В диалоговом окне следует ввести параметры «Тип», «Вес», «Число точек».

В параметре «Тип» (Type) определяется тип проведения. Из предлагаемого списка следует выбрать «Regularized», что позволит провести более точные и более сглаженные изолинии. Параметр «Вес» (Weight) контролирует напряженность (натянутость) изолиний. С возрастанием его значения возрастает сглаженность

изолиний. В «Число точек» (No. of Points) вводится количество точек вокруг ячейки предполагаемого прохождения изолинии, которые будут анализироваться при вычислении места ее прохождения.

Далее следует ввести шаг изолиний в соответствующее диалоговое окно.

В список активных тем добавляется новая линейная тема с именем по умолчанию «Contours from <Имя темы, по которой строились изолинии>».

Таким образом, была рассмотрена методика составления моноэлементных эколого-геохимических карт. Ниже будет рассмотрена методика составления синтетических эколого-геохимических карт. В качестве такого примера можно привести эколого-геохимическую карту Солигорского горнопромышленного района Беларуси.

Источниками для составления основы такой карты избраны листы топографической карты масштабов 1 : 25000, 1 : 100000 и 1 : 200000, а также ландшафтная карта масштаба 1 : 500000, карту земельных угодий или планы землепользования масштабов менее 1 : 50000. Для того, чтобы избежать проблемы определения места отсканированных листов в системе географических координат при работе с различными ГИС-пакетами следует для каждого листа была осуществлена привязка к системе географических координат по серии контрольных точек с известными координатами. Это позволяет без искажений наложить друг на друга листы карт разной тематики и состыковать их края. После этого следует приступать к векторизации требующегося содержания отсканированных источников.

На топографических картах основное внимание следует сосредоточить на следующих элементах содержания: изогипсах с отметками высот; объектах гидрографической сети, объектах инфраструктуры. Эти объекты подлежат оцифровке. На ландшафтной карте оцифровываются границы

ландшафтных комплексов, а на карте земельных угодий – границы типов землепользования. Кроме того, содержание ландшафтной темы может быть уточнено и детализировано с помощью почвенной карты, основное содержание которой полностью подлежит оцифровке.

С помощью встроенного модуля пространственных операций при пересечении ландшафтной и земельной тем происходит образование новой темы элементарными операционными единицами (ЭОЕ) эколого-геохимического картографирования, являющихся однородным территориальным образованием как по своей физической природе, определяемой локальными ландшафтными условиями, так и по виду антропогенного воздействия. Границы ЭОЕ нами были приняты как стабильные и неизменяемые.

В пределах названных границ производится оценка всех показателей, за исключением тех, которые имеют точечную локализацию (эмиссия загрязняющих веществ от стационарных источников, сбросы сточных вод в гидрографическую сеть и т.п.), а также показателей, показываемых изолинейно (концентрации загрязняющих веществ в геологических формациях).

При оценке вклада в формирование эколого-геохимической ситуации (ЭГС) загрязнения атмосферного воздуха важен анализ следующих показателей: а) эмиссия в атмосферу от стационарных источников загрязняющих веществ, б) предельно-допустимые выбросы, в) зоны атмосферного загрязнения вокруг стационарных источников и их площади в пределах каждого ландшафтного контура, %. Источники поступления загрязняющих веществ в ArcView наносятся в виде точечной темы по местам их локализации. Данные о структуре выбросов ЗВ хранятся в таблице атрибутов темы – форме для отображения данных электронных таблиц. Данные в них вводились либо вручную, либо экспортировались из баз данных, форматы

которых поддерживаются ArcView, либо с помощью механизма SQL-соединения.

На рис. 8 представлены схемы оценки эколого-геохимической ситуации и ее формирования под действием совокупности факторов (Φ_i , где $i = 1 \dots n$) деградации окружающей среды. Если таковых в границах ЭОЕ не оказывается, то эколого-геохимическая ситуация благоприятная.

Естественно, что в пределах контура ЭОЕ, в котором отмечается воздействие атмосферного загрязнения (Φ_1) при отсутствии прочих факторов ухудшения качества окружающей среды, степень благоприятности ЭГС здесь изменена на единицу в сторону ухудшения, т.е. эколого-геохимическая ситуация напряженная. Критерием служит сам факт попадания контура в зону атмосферного загрязнения. В случае неполного попадания данному выделу присваивается «худшее» значение, если атмосферное загрязнение охватывает более 25 % его площади.

Для отражения экологических ситуаций в гидросфере особое внимание уделялось гидрохимическому воздействию. Поэтому в первую очередь здесь следует нанести следующие группы источников техногенного воздействия, отвечающие за химическое загрязнение: отстойники, полигоны ТБО, поля фильтрации, очистные сооружения, отвалы, хвостохранилища, которые наносятся полигональной темой; АЗС, нефтебазы, склады ядохимикатов, животноводческие комплексы, места сброса сточных вод и др. – наносятся точечной темой; транспортные магистрали и трубопроводы – линейной темой. Дополнительно могут быть нанесены в виде точечной темы колодцы, водозаборные скважины, а в виде линейной – дрены, каналы, дюкеры, акведуки, коллекторы, водораспределители и др.

По существующей сети скважин и наблюдательных створов определяется качество вод на предмет соответствия его ГОСТу 2874–82 «Вода питьевая». С помощью модуля ArcView Spatial Analyst

группы элементов и рассчитывается по формуле:

$$Z = \sum K_c - (n - 1),$$

где K_c – кларки концентраций, превышающие 1,
 n – число учитываемых химических элементов.

Для данного показателя проводится определение степени благоприятности эколого-геохимической ситуации.

Кроме того, в степень благоприятности эколого-геохимической ситуации существенный вклад вносят процессы, обуславливающие механическую миграцию химических элементов. К таковым относятся эрозия почв, дефляция, деградация торфяников и др. Так, при проявлении в ЭОЕ эрозии почв (Ф2) следует учитывать ее по степени выраженности, определяемой по доле пораженных площадей в пределах контура ЭОЕ: слабой (менее 30%), сильной (30 – 60%), средней (более 60%). Каждой из них присваивается соответственно 1, 2 и 3 балла. Для прочих процессов фиксировался сам факт его существования в пределах ЭОЕ. В этом случае каждому присваивался балл 1. Далее они вычитаются из остатка степени благоприятности экологической ситуации, сформированной прочими факторами как это показано на рисунке 8.

При развитии просадочных явлений происходят процессы подтопления, затопления и заболачивания. Данная группа процессов объединена под одним фактором (Ф5) и в ЭОЕ, где отмечено их развитие эколого-геохимической ситуации также смещается на одну ступень в сторону неблагоприятности.

Таким образом, при оценке благоприятности эколого-геохимической ситуации учитывается вклад большинства факторов. Сочетание факторов, определивших эколого-геохимическую ситуацию в границах ЭОЕ, обозначается цифровым индексом. В легенде могут

быть раскрыты и интервалы количественных значений ключевых параметров для той или иной экологической ситуации.

Дополнительно наносились очаги и центры загрязнения окружающей среды способом локализованных значков. Области распространения особо опасных явлений, поля концентраций отдельных загрязняющих ингредиентов и т.п. – способами изолиний и ареалов.

В результате была получена синтетическая эколого-геохимическая карта – проекция на ландшафтно-топографическую основу реального распространения эколого-геохимических ситуаций разной степени благоприятности как результат проявления на картографируемой территории природных и антропогенных процессов, протекающих в экосистеме с их количественной характеристикой, выраженной в принятой в науке системе единиц и отраженной в легенде (рис. 9). Легенда карты, состоит из нескольких блоков: экологическая дифференциация территории по степени неблагоприятности эколого-геохимических ситуаций; загрязнение подземных вод; техногенные объекты; населенные пункты; объекты гидрографической сети.

Таким образом, выше приведенные примеры показывают, что ГИС являются самыми перспективными информационными технологиями для решения задач любого уровня сложности в области эколого-геохимических исследований. Показана высокая эффективность использования ГИС-технологий для решения задач эколого-геохимического мониторинга, в частности, контроля за химической денудацией почв и горных пород; агрохимическими параметрами почв (щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными условиями среды, гумусным состоянием, комплексом НРК и микроэлементов и др.).

При использовании ГИС в экологической экспертизе имеется возможность пространственного анализа

и составления трехмерных моделей химических превращений продуктов техногенеза в ландшафтах и живых организмах. Кроме того, ГИС позволяет оперативно проанализировать ландшафтно-геохимические условия природной среды и с высокой степенью наглядности визуализировать ее результаты. В ходе такого анализа рассчитывается вероятность аккумуляции химических элементов свыше нормативного уровня (ПДК, ОБУВ, кларка и др.) для различных элементов ландшафта и ландшафтных комплексов. На основании таких оценок с помощью ГИС возможно прогнозировать вероятность тех или иных патологий в биологических системах и ландшафтных комплексах и отразить их пространственную структуру.

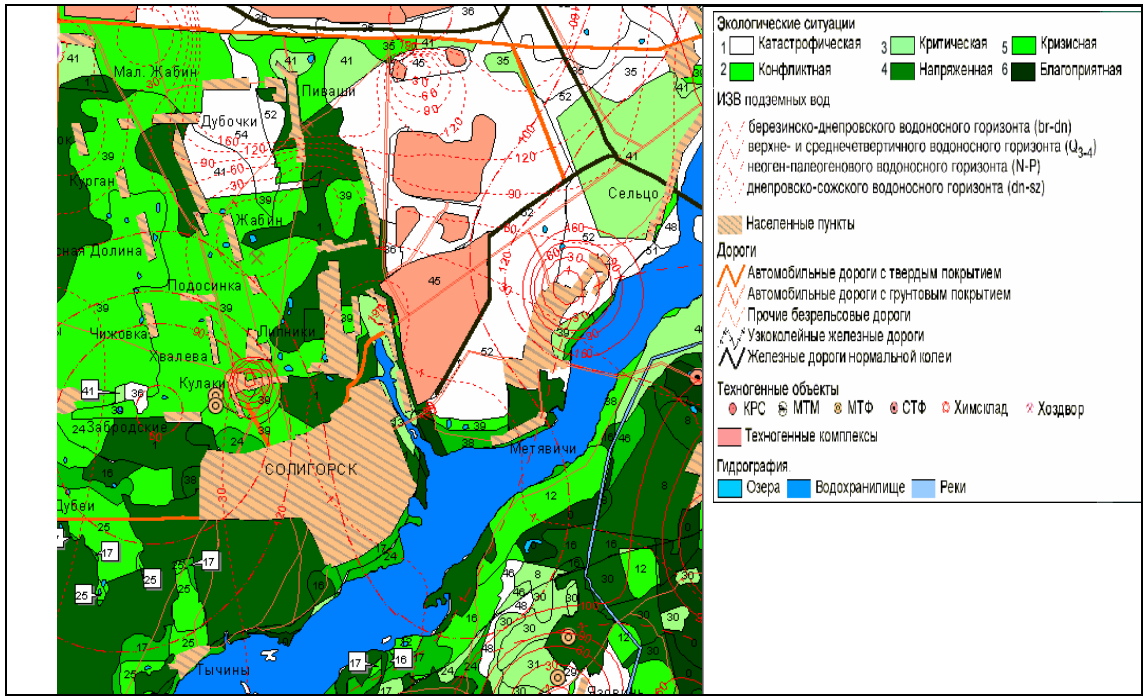


Рис. 10. Фрагмент синтетической эколого-геохимической карты Солигорского горнопромышленного района