

УДК 681.3

В.А. Лямкин

Разработка геоинформационной системы состояния почв региона

Земельные ресурсы России являются одним из основных ее национальных богатств, поэтому решение проблем их сохранения и рационального использования входит в число приоритетных направлений государственной и региональной политики. Земля, как важнейшая часть окружающей природной среды, является главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, а также пространственным базисом для жизни и деятельности человека, размещения предприятий и организаций всех отраслей народного хозяйства [1–2].

Высокие антропогенные нагрузки на земельные ресурсы приводят к снижению плодородия земель, начинают развиваться негативные процессы: уменьшение содержания гумуса, ветровая и водная эрозия, вторичное засоление и осолонцевание почв, загрязнение почв и водоемов нитратами, пестицидами, тяжелыми металлами и т.д. Дальнейшее развитие негативных процессов приводит к разрушению почвенного покрова, загрязнению сельскохозяйственной продукции токсическими веществами.

Для предотвращения отмеченных негативных процессов в использовании земель необходима целенаправленная работа по оценке, сохранению и воспроизводству земельных ресурсов. Принятию решений в данной области должен предшествовать анализ разносторонних и регулярно обновляемых данных о состоянии земель и динамике развития негативных процессов. Все это определяет необходимость регионального мониторинга земель, т.е. системы наблюдений за состоянием земельного фонда, своевременного выявления негативных процессов и оценок их последствий [3].

В основе регионального мониторинга земель лежит преобразование информации, включая ее сбор и систематизацию, накопление и хранение в виде совокупности баз данных, обработку и представление ее в табличной форме, в виде цифровых карт и электронных атласов. Распределенность объекта наблюдения, разномасштабный характер информации, многообразие методов сбора и обработки данных значительных объемов определяют использование современных геоинформационных технологий для ведения мониторинга земель. Таким

образом, данные мониторинга земель служат основой для создания региональной почвенной геоинформационной системы.

Что такое геоинформационная система состояния почв региона? Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходимо определить ряд терминов.

Известнейшие почвоведы В.В. Докучаев и В.Р. Вильямс дают следующие определения понятия «почва».

1. Почвой следует называть «дневные» или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых.

2. Когда мы говорим о почве, мы разумеем рыхлый, поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений. Понятия о почве и ее плодородии неразделимы. Плодородие – существенное свойство, качественный признак почвы, независимо от степени его количественного проявления [4].

Вся совокупность почв конкретной территории называется ее почвенным покровом. Можно говорить о почвенном покрове Земли, отдельных материков, стран, хозяйств, отдельных земельных участков.

Каждая почва состоит из слоев, или генетических горизонтов, характерных только для нее. Определенное сочетание горизонтов составляет профиль почвы. Состояние почвенного покрова в одной точке характеризуется описанием почвенного профиля. Для перехода от точечных характеристик к описанию территории рассмотрим понятие элементарного почвенного ареала.

Элементарный почвенный ареал – участок территории, занятый одной конкретной почвой самого низкого таксономического уровня (разряда), ограниченный со всех сторон другими ЭПА или непочвенными образованиями [5]. Для наглядного представления информации о состоянии почвенного покрова составляют и используют почвенные карты различного масштаба.

Дадим следующее определение геоинформационной системы состояния почвенного по-

крова. ГИС состояния почв региона – это динамически организованное множество данных о почвенном покрове, соединенное с множеством реализованных на ЭВМ моделей для расчетных, графических и картографических преобразований этих данных в пространственную информацию в целях удовлетворения информационных потребностей определенных пользователей.

Цель данной статьи состоит в разработке принципов создания геоинформационной системы, которая отражала бы состояние почвенного покрова на уровне региона. Под регионом понимается любой субъект Российской Федерации: область, край и т.п.

Созданная ГИС может применяться для планирования и управления сельскохозяйственным производством на региональном уровне, оценки экономического потенциала сельскохозяйственного производства, мониторинга земель, земельного кадастра, оценки земель, рационального использования земель, землеустройства.

Перечисленные области применения ГИС определяют информационное содержание ГИС. Предлагается четырехуровневая организация данных. На первом (микро) уровне информация о состоянии почвенного покрова накапливается в виде базы данных по почвенным профилям. Каждый почвенный профиль имеет точную координатную привязку в географических (широта/долгота) или прямоугольных координатах. Для удобства пользователей ГИС, картографическая информация о состоянии почвенного покрова региона представлена в виде электронных атласов. В качестве программного инструментария используется ГИС-пакет MapInfo. Данная система позволяет создавать многослойные векторные цифровые карты и проводить с ними различные расчеты. Весь картографический материал приводится к одному из трех базовых масштабов. Для отдельных хозяйств – это М 1:25 000. В состав картографического материала входят карты слоев топоосновы, почвенная, геоботаническая, сельскохозяйственных угодий.

Для районов региона используются масштабы 1:100 000 для тематических карт и 1:200 000 для слоев топоосновы. Масштаб картографического материала для всего региона в целом определяется площадью региона. Например, при создании электронного атласа состояния земель Ханты-Мансийского автономного округа был избран масштаб 1:2 500 000, для таких регионов, как Алтайский край и Кемеровская область, выбран масштаб 1 000 000. Основу тематического содержания ГИС на этом уровне

не составляет карта структур почвенного покрова. В качестве слоев топоосновы для всех масштабов создаются: координатно-привязанная растровая подложка, гидрография, населенные пункты, пути сообщения, рельеф, административно-территориальное деление.

Рассмотрим разработанную геоинформационную систему более подробно.

Для хранения информации по точкам наблюдения создана база данных и разработано автоматизированное рабочее место «Точки наблюдения». На разработанное программное обеспечение 21 июня 2001 г. в Российском агентстве по патентам и товарным знакам получено свидетельство «Об официальной регистрации программы для ЭВМ» №2001610781. Краткое описание АРМ «Точки наблюдения» приводится ниже.

При проведении наземных изысканий на исследуемой территории выбираются точки наблюдения, в которых производится съем информации. Данные о почвенном профиле заносятся в соответствующие документы: полевой журнал описания почв, ведомости результатов анализов. Программа Точки наблюдения предназначена для организации ввода, редактирования и хранения информации по точкам наблюдения в виде базы данных. В числе прочих атрибутов в базу данных вносятся координаты точек наблюдения, что позволяет использовать и анализировать информацию в региональной геоинформационной системе состояния почвенного покрова.

Входной информацией для программы является информация о точке наблюдения из полевого журнала описания почв и ведомостей результатов анализов. Полевой журнал и ведомости результатов анализов должны быть заполнены в соответствии с классификаторами. Если входные документы содержат значения характеристик точки наблюдения, отсутствующие в справочниках, то эти значения или должны быть внесены в классификатор, или исправлены в первичных документах на наиболее близкие, содержащиеся в классификаторе. Всего в таблицы базы данных может быть занесено более 200 параметров, характеризующих точку наблюдения. Среди них географические координаты: точки наблюдения, характеристики рельефа, растительности, сельскохозяйственного угодья, индексы почвы, морфологическое строение и описание почвенного профиля, результаты химического, механического, физического анализов, водной вытяжки, данные о загрязнении почвы тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтепродукта-

ми. Пример одной из форм с данными о точке наблюдения приведен на рисунке 1.

Рис. 1. База данных с информацией о точках наблюдения

Для хранения информации используется реляционная база данных в формате Paradox 7.

По занесенной в базу данных информации автоматически создается слой электронной карты. Таким образом, информация может быть представлена не только в виде таблиц, но и в виде карты. Электронная карта доступна непосредственно из программы. Для связи программы с ГИС-пакетом MapInfo используется технология kLE. На электронной карте могут быть одновременно показаны слои топоосновы, тематические слои и точки наблюдения (пример карты приведен на рисунке 2).

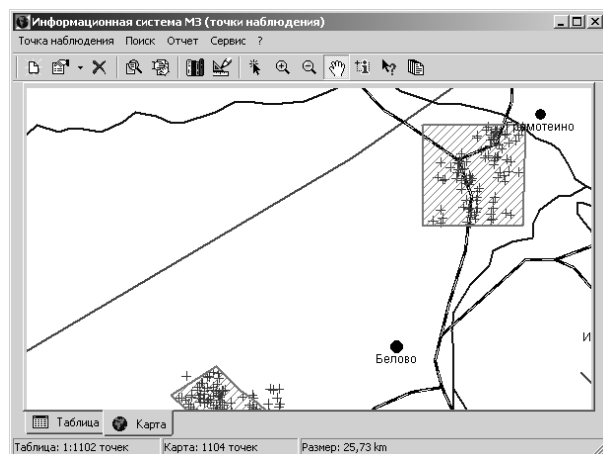


Рис. 2. Фрагмент электронной карты Кемеровской области

Точки наблюдения показаны на карте символом «+». По запросу пользователя, указавшего на точку наблюдения, выдается информация из базы данных.

Выходными данными программы являются распечатки данных по точкам наблюдения и содержимого справочников.

Временные характеристики зависят от объема информации, введенной в базу данных. База данных с информацией о 809 точках наблюдения на компьютере с процессором Intel Pentium III-450/128 Мб ОЗУ/жесткий диск КЕ/Windows 2000 загружалась около 10 секунд.

В качестве основного тематического содержания геоинформационной системы для уровня хозяйств, взяты электронные варианты авторских экземпляров почвенных карт масштаба 1:25 000. Для автоматизации создания почвенной карты масштаба 1:25 000 предлагается использование следующей технологии. К факторам почвообразования относятся растительность и животные организмы, материнская порода, климат, рельеф и возраст почв (продолжительность и скорость почвообразования). Кроме этих пяти факторов, имеется еще шестой особый фактор – производственная деятельность человека [5]. Для каждого из факторов создается один или несколько слоев электронной карты. Затем средствами пространственного анализа ГИС-пакетов выполняется пересечение этих слоев. Полученные в результате пересечения регионы соответствуют территории с одинаковыми факторами почвообразования. Далее на полученный слой накладывается слой точек наблюдения, и данные о почве в точке распространяются на регион.

В настоящее время описанная технология обрабатывается на реальных данных. Выявлен ряд трудностей, которые пока не позволяют автоматически получить почвенную карту, не уступающую по качеству авторскому экземпляру почвенной карты, составленной опытным почвоведом. Достаточно сложным является учет влияния мезо- и микрорельефа, необходимо учитывать крутизну и экспозицию склона, поэтому требуется разработать математические модели и программное обеспечение, позволяющие получать электронные слои по изолиниям рельефа, нанесенным на карте. Кроме этого, не вся информация о факторах почвообразования на данную территорию может быть доступной и не является устаревшей.

Для увеличения эффективности и уменьшения затрат на проведение полевых исследований предварительно могут быть выполнены следующие работы. Перед проведением полевого исследования и картирования почв средствами ГИС-пакетов выполняется предварительное разбиение территории на регионы, на основе имеющейся информации о факторах почвообразования. Карта предполагаемых почвенных контуров распечатывается и передается производящему исследованию и карти-

рование почв почвоведу, который затем в процессе проведения полевых работ уточняет границы почвенных контуров. Проведение указанных работ позволит оптимизировать маршрут экспедиции и уменьшить количество разрезов.

Содержание ГИС на уровне районов определяется информационными потребностями специалистов администрации района и земельных служб. В качестве примера тематического содержания рассмотрим электронный атлас состояния земель Шипуновского района. Атлас включает в себя следующие карты: агроклиматическую, восстановленных ландшафтов, растительности, структуры почвенного покрова, структуры посевных площадей, баланса гумуса в почвах, мощности гумусового горизонта почв и др.

Рассмотрим создание верхнего уровня ГИС почв региона на примере создания электронного атласа состояния земель Алтайского края. В основу положена карта структур почвенного покрова (далее – карта СПП) Алтайского края. В качестве картографической основы определена географическая карта масштаба 1:1 000 000. Карта СПП является основным источником информации для электронного атласа состояния почв края. Она содержит изображение почвенных и ландшафтных контуров, их описание в виде прилагаемой к карте легенды [6]. Создание и ведение электронного атласа, автоматизированная обработка информации о состоянии земель требуют формализации рассматриваемой предметной области. Для этой цели необходимо разработать серию классификаторов, включающих вводимые и обрабатываемые в ЭВМ показатели, характеризующие земельные ресурсы. В частности, для целей реализации почвенного раздела атласа разработан классификатор почвенного покрова, представляющий набор таблиц с описанием и обозначением соответствующих параметров. В пакете MapInfo созданы слои топоосновы (включая гидрографию, населенные пункты, пути сообщения, административно-территориальное деление), границы природных почвенно-климатических зон края, карта структур почвенного покрова края. Тематические карты первой очереди характеризуются группами характеристик (вид увлажнения, типы и подтипы почв, засоленность, водная эрозия, дефляция и др.). Отработана технология выдачи тематических карт по произвольным запросам, для чего разработано дополнительное программное обеспечение. Оно обеспечивает ввод, хранение и обработку семантической информации, представленной в виде легенды к

карте СПП. Создание программного обеспечения можно разделить на пять этапов:

- 1) разработка структуры баз данных для хранения легенды;
- 2) создание программы ввода и редактирования данных;
- 3) создание программных средств распечатки легенды;
- 4) обеспечение возможности просмотра семантических данных для контура, указанного на электронной карте;
- 5) разработка условий запросов к базе данных для проведения вычислений и формирования тематических карт.

Рассмотрим перечисленные этапы более подробно. Каждый контур на карте СПП имеет уникальный номер, а также номер ландшафтного контура, к которому он принадлежит. На карте СПП каждому контуру соответствует не одна почва, а их комбинация. Следовательно, необходимо хранить данные о каждой почве контура, проценте ее вхождения в контур и о комбинации, которую эти почвы составляют. Кроме этого, в легенде указана общая площадь контура, распisanная по типам угодий (пашня, многолетние насаждения, залежи, сенокосы, пастбища, лес, кустарник, болото, пр.). Исходя из представленных входных данных для их хранения была предложена следующая структура баз данных:

- база данных контуров СПП, включающая в себя идентификатор контура, данные об его площади и распределении ее по угодьям;
- база данных почв, включающая в себя идентификатор контура, содержащего данную почву, идентификатор почвы, классификационный код почвенного индекса и процент вхождения почвы в комбинацию;
- база данных связей между почвами комбинации;
- одиннадцать справочных баз данных, соответствующих таблицам классификатора.

Справочные базы данных связаны с основными через поле классификационного кода. Основные базы данных связаны между собой через уникальный идентификатор контура СПП, через который также происходит связь с объектом на карте.

После определения структуры хранения данных была создана программа ввода и редактирования данных легенды к карте СПП. При ее написании значительное внимание уделялось проблемам проверки корректности вводимых данных, а также созданию интерфейса, позволяющего вводить данные оператору, не знакомому с предметной областью. Для по-

лучения твердой копии легенды, хранящейся в виде баз данных, была создана форма отчета, позволяющая распечатывать легенду в привычном виде. Следующей задачей являлось написание программного модуля ГИС, обеспечивающего возможность просмотра информации о контуре, указанном на электронной карте. Такая программа необходима, так как стандартные средства ГИС-пакета не позволяют представить семантические данные в удобном и привычном для специалиста почвоведовиде [7]. На заключительном этапе реализовано решение информационно-поисковых задач с выдачей информации в виде тематических карт и вычисленных значений. Например, создать карту черноземов южных почв и подсчитать их общую площадь в крае.

Определен перечень первоочередных тематических слоев, которые созданы с использованием описанного программного обеспечения. К ним относятся почвенные контуры с участием черноземов, каштановых почв, эродированных, дефлированных, засоленных, подкисленных почв, почвы различного увлажнения, слой неоднородности почвенного покрова. При построении тематической карты процент участия почвы в контуре определяется пользователем. Кроме перечисленных, в состав электронного атласа вошли следующие карты:

- агроклиматического районирования;
- ландшафтная;

- природно-мелиоративная;
- растительности;
- овражной эрозии;
- ежегодных потерь гумуса;
- загрязнения тяжелыми металлами;

Созданная ГИС позволяет решать ряд важных задач:

1. Получать оперативную и достоверную информацию о состоянии почвенного покрова региона на всех уровнях: от мелкомасштабных обзорных карт до полной характеристики почвы в точке наблюдения.

2. Выполнять расчеты, получая данные о площади почв любого типа. Может быть подсчитана, например, площадь почв, подверженных негативным процессам (эродированные, засоленные, загрязненные вредными веществами почвы).

3. Как исходная картографическая информация, так и электронные, полученные в результате анализа данных, слои могут быть скомпонованы в виде электронных или бумажных карт и выданы пользователям, наглядно показывая происходящие процессы.

4. Данные о качественном состоянии почвенного покрова необходимы для ведения земельного кадастра, при проведении оценки стоимости земель.

В настоящее время рассмотренная ГИС функционирует в составе программных средств регионального мониторинга земель Алтайского края.

Литература

1. Географический энциклопедический словарь: Понятия и термины / Гл. ред. А.Ф. Трешников; Ред. кол.: Э.Б. Алаев, П.М. Алампиев, А.Г.Воронов и др., М., 1988.
2. ГОСТ 26640-85. Земли: Термины и определения. М., 1985.
3. Научные основы мониторинга земель / Комитет Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству; Российский центр по научному обеспечению земельной реформы; Российская академия сельскохозяйственных наук; Сост. Л.Н. Кулешов, А.С. Литвак. М., 1992.
4. Вильямс В.Р. Почвоведение. М., 1947.
5. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. М., 2000.
6. Бивалькевич В.И., Поляков Ю.А., Грибов С.И., Пудовкина Т.А., Лямкин В.А. Почвенные карты в электронном атласе состояния земель Алтайского края // Историческая и современная картография в развитии Алтайского региона. Барнаул, 1997.
7. Лямкин В.А. Реализация алгоритмов обработки легенды почвенной карты // Историческая и современная картография в развитии Алтайского региона. Барнаул, 1997.

