

## Информационное обеспечение проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия

*Н.И. Добровторская, д.с.-х.н., ФГБУ СибНИИЗиХ*

Объектом земледелия являются сложные природно-производственные системы, в основе которых лежит понятие «земли». В современном понимании, учитывая приоритетность экологизации земледелия, понятие «земли» включает в себя не только почвы и почвенный покров некоторого пространства, но и все остальные компоненты ландшафта – растительный покров, рельеф, почвообразующие породы, воды, микроклимат и т.д. Одни из них определяют свойства и потенциал плодородия земель, другие, так же как и почвы, становятся, хотя и опосредованно, объектом агрогенного воздействия. Описание таких систем включает в себя множество показателей, относящихся к разным областям науки: биологии, физике, химии, механике, экономике и т.д.

В соответствии с концепцией адаптивно-ландшафтного земледелия (АЛСЗ) [1] разработка методики проектирования АЛСЗ и землеустройства делится на несколько крупных задач:

- разработка принципов рационального размещения на территории землепользования сельскохозяйственных культур на основе согласования их биологических требований и условий произрастания;
- разработка блоков систем земледелия (структура использования сельхозугодий, севообороты, системы обработки почвы, удобрений, защиты растений, мелиоративные мероприятия) на основе нормативных данных по урожайности культур и динамике почвенных и погодных условий;
- формирование агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур с оценкой экономической эффективности земледелия.

В настоящее время наиболее прогрессивным интегрирующим инструментом для решения таких сложных комплексных задач являются информационные технологии. Принципы их использования, подходы к адаптации известных программных пакетов и создание новых описаны в работах МСХА-РГАУ, ВНИИЗиЗПЭ, АФИ и др. [1–3]

в начале 2000-х гг. Позже стали появляться сообщения о решении частных задач электронного картографирования, типизации земель, создания баз данных сельскохозяйственного назначения [4]. **Целью** настоящего исследования стала разработка методики проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия с использованием информационных технологий для условий лесостепи Западной Сибири.

**Материал и методы исследования.** Объектом исследования являлась природно-производственная система в пределах землепользования опытно-производственного хозяйства «Кремлёвское» Новосибирской области. Хозяйство с общей площадью 16 тыс. га расположено на границе Приобского плато и восточной окраины Барабинской низменности, что обуславливает переходный характер почвенного покрова от автоморфных типов к полу- и гидроморфным с явлениями солонцеватости и осолодения. Площадь пашни составляет 10 тыс. га. В качестве исходных материалов использовали карты почвенного покрова ОПХ «Кремлёвское» 1983 г., топографический план на твёрдой основе, план землеустройства, полевые материалы корректировочного почвенного обследования 2002–2004 гг., данные о материально-технической базе хозяйства, статистические данные по урожайности сельскохозяйственных культур. Для интегрированной картографии применяли программный пакет MapInfo Professional.

**Результаты исследования.** В основе создания методики проектирования АЛСЗ было решено использовать концептуальное проектирование, которое предполагает постоянный учёт информационных требований пользователей, обусловленных решаемыми задачами и формирующих концептуальную модель данных, отражающую необходимые элементы знаний и отношения между ними. Технологическим решением данной концепции может быть создание автоматизированного рабочего места (АРМ) агронома-землеустроителя и агронома-технолога.

Так как сельскохозяйственное предприятие представляет собой пространственно распределённый объект, то, используя ГИС-технологии, важно отразить пространственное распределение природных факторов, влияющих на выбор агромероприятий на территории хозяйства. На первом этапе создаются цифровые карты хозяйства, к которым привязываются семантические данные. Поскольку семантические данные разных хозяйств различны и количество параметров, описывающих объекты, может изменяться, необходимо создание шаблонов, определяющих структуру исходных семантических данных. По каждому агрономически важному фактору создаётся отдельный слой. Так, для проекта АЛСЗ в ОПХ «Кремлёвское» создавались слои «Топография» с изолиниями рельефа, «Почвы», затем карты распределения факторов, лимитирующих выращивание некоторых или основных сельскохозяйственных культур, в данном случае это карты влияния грунтовых вод, засоления почв (рис. 1).

Шаг к интегрированию этой разнообразной информации – карта структуры почвенного покрова со своей атрибутивной базой данных. Очень важным является план землеустройства (границы полей), который также был оцифрован. Затем собранную информацию анализировали и интегрировали в слое «Агроэкологические типы земель». Предварительно в справочную базу данных была внесена региональная классификация агроэкологических типов земель, разработанная ранее [5]. Для разработки региональной классификации земель использовалась таксономическая система, предложенная В.И. Кирюшиным [1]. Особенностью такой классификации является наличие в ней агротехнологической характеристики выделенных типов земель: описание факторов, лимитирующих выращивание определённых сельскохозяйственных культур, рекомендуемый тип использования, тип севооборота, предпочтительная система основной обработки почв, перспективы и способы интенсификации производства на данном типе.

После создания карты «Типы земель» становится возможным проектирование землеустройства или

корректировка границ севооборотных полей, если план землеустройства уже существует. Нередко оказывается, что существующее землеустройство нерационально, так как противоречит принципам адаптации сельхозкультур к природным условиям конкретного поля. В частности, при наложении «Карты землеустройства» на карту «Агроэкологические типы земель» было выявлено, что поле № 1 – 2 зернопарового севооборота площадью 511 га распространяется на три типа земель: автоморфные, полугидроморфные осолоделые и гидроморфные солончаковатые (рис. 2).

Одним из ключевых моментов проектирования АЛСЗ является разработка нормативов урожайности сельскохозяйственных культур для различных почвенно-ландшафтных условий. Эта работа осуществляется в научных учреждениях разными способами. Например, в Курском институте ВНИИЗиПЭ разработана модель урожайности следующего вида:

$$Y_{jk} = Y_{jf} \text{ АКО},$$

где  $Y_{jf}$  – урожай культуры, обеспеченный приходом ФАР;

АКО – агроклиматическая оценка погоды на время вегетации культуры [2].

В системе кадастровой оценки земель предлагается подход, в котором учитываются свойства почв оцениваемого участка и способ наилучшего вида использования [6]. В нашем случае мы использовали метод экспертной оценки продуктивности почв применительно к разным культурам, предложенный А.И. Южаковым, который на основании опытных данных и статистической производственной информации с учётом влияния различных свойств почв на развитие конкретного вида культур ранжирует множество почвенных объектов в пределах единой ландшафтной системы по мере убывания их плодородия [7]. Полученная модель в виде таблицы урожайности позволяет затем рассчитать продуктивность конкретного поля с учётом структуры его почвенного покрова.

Далее осуществляется проектирование базовых модулей АЛСЗ: севооборотов, выбор агротехнологий, расчёт системы удобрений (рис. 3).

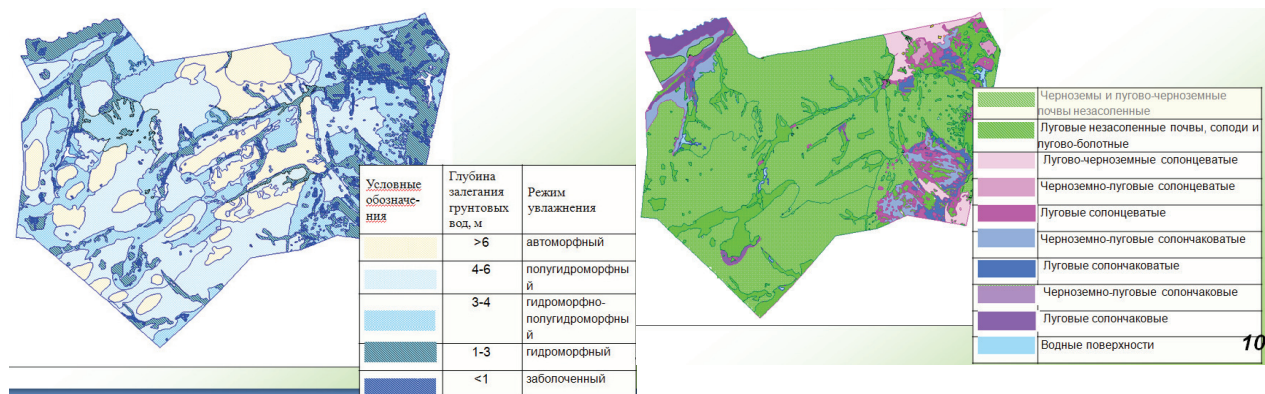


Рис. 1 – Слои карт «Грунтовые воды» и «Засоление почв»

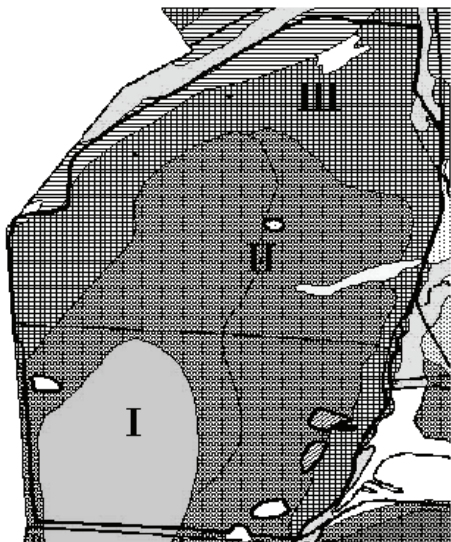


Рис. 2 – Поле I-2/511 га:

I – автоморфные земли с чернозёмами выщелоченными; II – полугидроморфные земли с комплексом лугово-чернозёмных осолоделых почв с серыми лесными осолоделыми и солодами до 25%; III – гидроморфные земли с чернозёмно-луговыми и луговыми солончаковатыми почвами

При создании системы поддержки принятия решений агронома-технолога необходимо учитывать неразрывную связь техники с биологическими объектами (почва, растение, продукция), для которых характерны непрерывность биологических процессов и цикличность получения продукции.

Поэтому нужно создание информационных подсистем не только по агроэкологическим особенностям возделываемой культуры, восприимчивости её к различным факторам, но и по правильному выбору и применению техники в той или иной ситуации или стадии развития растения. Характерной чертой современного земледелия является большое разнообразие технологических процессов и операций при возделывании культуры, описание которых, как правило, приводится в громоздких технологических картах, неудобных для использования. Поэтому была создана достаточно обширная справочная БД, которая содержит сведения о принятых в данной области севооборотах, технологических схемах, критерием оптимальности выбранных приёмов является показатель урожайности культур и продуктивности севооборотов. Отдельные БД посвящены информации о сельскохозяйственной технике, ценах на горючее, семена, удобрения и т.д., что в конечном итоге позволяет осуществить проверку экономического эффекта проекта, выбранных агроприёмов.

Таким образом, информационное обеспечение проектирования систем земледелия включает в себя три сущности: 1) собственно предметная информация, которая должна использоваться при проектировании как исходный материал, 2) инструментарий или программное обеспечение, которое используется для создания проекта систе-

мы земледелия; 3) программный продукт, который возникает в результате разработки проекта системы земледелия (рис. 4).

БД систематизируют имеющиеся данные по тому или иному объекту, технологическому процессу и предоставляют пользователю в удобном виде большой объём разнообразной, но целенаправленной информации с различной глубиной детализации.

ЭС аккумулируют опыт квалифицированных специалистов и оперативно представляют его пользователю в виде интеллектуального решения конкретной производственной задачи. Ядром ЭС, её основой является база знаний (БЗ) – модель предметной области, описанная на языке сверхвысокого уровня, приближенном к естественному. Обязательная часть ЭС – механизм логического вывода, обеспечивающий поиск необходимых знаний в БЗ и формирование экспертного заключения.

ГИС-технологии объединяют совокупность географических и атрибутивных данных и знаний и обеспечивают оценку и визуализацию исходной природной ситуации с привязкой к конкретным земельным участкам, из которых формируется землепользование. Для интегрированной картографии используются пакеты Arcwie, ArcInfo, MapInfo, отечественные программы GeoDraw/GeoGraph, ObjectLand, «Панорама». В нашем случае предпочтение отдано программе MapInfo. Она характеризуется наилучшим соотношением стоимости базового ГИС-обеспечения, уровня требований, предъявляемых к ней, с учётом доступного качества исходных и требуемого качества выходных картографических материалов.

Для объединения и создания единого программного продукта использовалась система визуального объектно-ориентированного программирования Delphi. Система обладает практически всеми возможностями современных СУБД. Она позволяет создавать приложения с помощью широкого набора инструментальных программных средств,

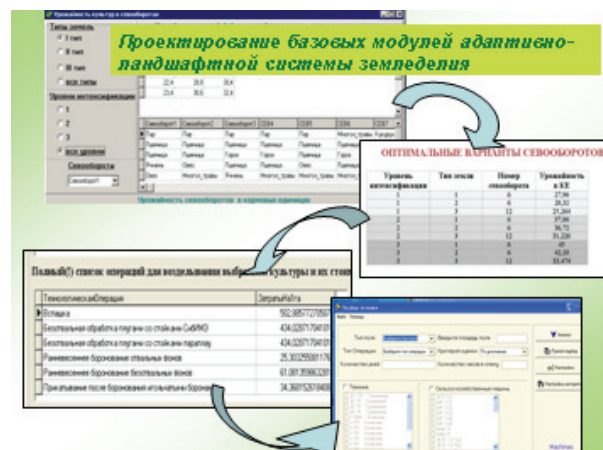


Рис. 3 – Схема последовательного проектирования базовых модулей адаптивно-ландшафтной системы земледелия

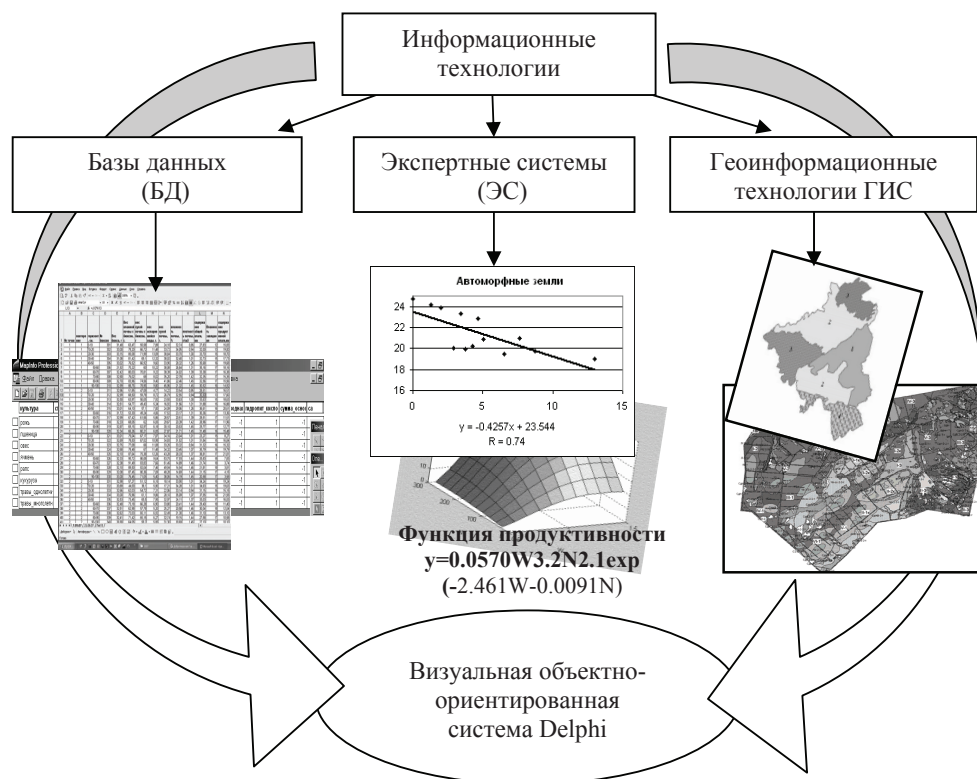


Рис. 4 – Программное обеспечение проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия

визуально подготавливать запросы с БД, а также непосредственно писать запросы на языке SQL.

**Выводы.** 1. Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия для конкретного хозяйства – сложный процесс, включающий в себя агроэкологическую оценку условий произрастания культур с учётом их биологических требований, разработку блоков систем земледелия (структуры использования сельхозугодий, севооборотов, систем обработки почвы и т.д.), формирование агро-технологий возделывания сельскохозяйственных культур с оценкой экономической эффективности земледелия.

2. В основе информационного обеспечения проектирования АЛСЗ лежит комбинированный принцип, обуславливающий сочетание программной среды визуального объектно-ориентированного программирования Delphi и инструментальных программных средств, состоящих из баз данных, экспертных систем и ГИС-технологий.

## Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
2. Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ / под ред. И.И. Васенева и Г.Н. Черкасова. Курск, 2002. 118 с.
3. Михайленко И.М. Управление системами точного земледелия. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005. 234 с.
4. Информационные технологии, системы и приборы в АПК // Агроинфо-2012: матер. V междунар. науч.-практич. конф. (Новосибирск, 10–11 октября 2012 г.). Новосибирск, 2012. Ч. 1. 492 с.
5. Добротворская Н.И. Структура почвенного покрова в системе агроэкологической оценки земель в лесостепи Западной Сибири: дисс. ... докт. с.-х. наук. Барнаул, 2009. 362 с.
6. Сапожников П.М., Носов С.И. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения: проблемы, пути решения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2011. № 7. С. 73–77.
7. Южаков А.И., Добротворская Н.И. Система экспертной оценки сравнительной продуктивности почв с использованием ГИС-технологий // Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов: Агроинфо-2003: матер. междунар. науч.- практич. конф. (Новосибирск, 22–23 октября 2003 г.). Новосибирск, 2003. Ч. 2. С. 107–110.