

## МЕЛИОРАЦИЯ

УДК 631.671.1

### **ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПО МЕЛИОРАЦИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Н.К.Вахонин**, кандидат технических наук  
РУП «Институт мелиорации»

**Ключевые слова:** мелиорация, сельскохозяйственное использование, система принятия решений, экономические критерии, модели, оптимизация, информационное обеспечение, мониторинг, книга истории полей, геоинформационная система, база данных

#### **Введение**

Важнейшим условием эффективности сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях (аналогично и на автоморфных) в рыночных условиях является принятие экономически оптимальных решений на стадиях организации, планирования, проектирования и управления.

Системность принятия решения в конкретном агропредприятии основывается на оптимизации растениеводства одновременно по всем – и мелиорированным и автоморфным – почвам, причем с согласованным выбором альтернатив одновременно по всем подсистемам [1, 2]: вида выращиваемых сельскохозяйственных культур (адаптивные стратегии приспособления к имеющимся условиям) и интенсивности их выращивания (активные, дающие большую отдачу, но, как правило, являющиеся более затратными, стратегии по изменению естественно-природных условий под требования сельскохозяйственных культур по всем урожаеобразующим факторам); выбор структуры, параметров и управлений мелиоративных систем для регулирования водного режима, доз удобрений для регулирования пищевого режима, средств защиты растений и т.д., обеспечивающих максимум дохода при минимуме затрат при соблюдении экологических ограничений по условиям поддержания почвенного плодородия, качественных и количественных показателей водной среды (рис.1).

Следует отметить, что оптимизация сельхозиспользования автоморфных почв является более простым частным случаем, так как решение ищется на более узком множестве альтернатив – при единственном варианте водного режима, соответствующем естественно-природным условиям дренированности, тогда как на мелиорированных землях одновременно с оптимизацией сельхозиспользования должны отбираться и варианты трансформации (реконструкции, ремонтов) мелиоративных систем.

Подчеркнем, что в вышеприведенной постановке в качестве критериев оптимальности используются экономические показатели доходов и затрат, в отличие от прежних

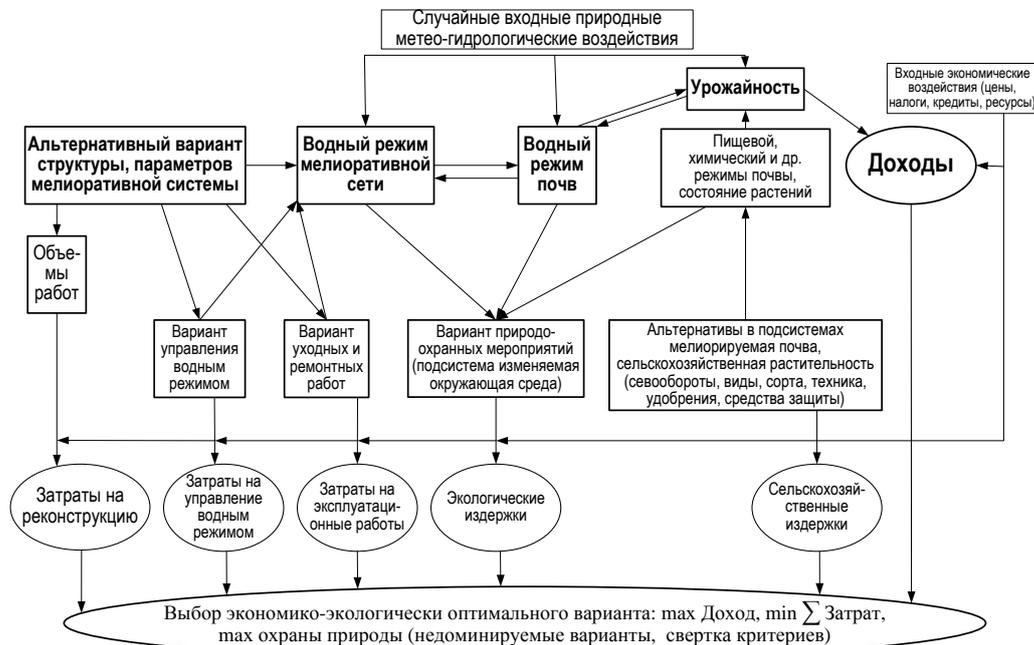
критериев функционального и технического уровня (максимум урожая, максимальное соответствие водного режима, доз удобрений и т.п. Биологическим требованиям растений).

**Результаты и обсуждение**

Переход с валовых на экономические критерии хозяйствования, т.е. принятие решений в соответствии с рис.1 осложняется проблемами различного типа.

**Понятийно-психологические проблемы:** необходимость перестройки инерционности мышления для понимания руководителями хозяйствующих субъектов, прежде всего агропредприятий (а также обслуживающих служб – мелиорация, агрохимия, защита растений и т.д.) того, что агро-техничко-технологически совершенные решения, обеспечивающие биологически оптимальный для растений водный, пищевой режимы, защиту растений и т.п., т. е. максимум урожая, не обязательно оптимальны экономически, так как цели максимума урожая и максимума экономической эффективности – не согласованные цели, так как достижение одной не гарантирует достижения другой (получение максимума вала может быть разорительно экономически). При этом нужно также понимать, что экономически оптимальный не означает обязательно прибыльный, а только наилучший из всех возможных (или что критерий  $\max$  прибыли эквивалентен критерию  $\min$  убытков).

2. **Организационно-мотивационная проблема.** Следующим шагом после осоз-



**Блок-схема принятия экономико-экологически оптимальных решений в земледелии на мелиорированных землях**

нения того, что  $\max$  урожая  $\neq \max$  прибыли, является формирование условий для мотивации лиц, принимающих решение всех субъектов мелиоративной деятельности (инвестор, заказчик, разработчик, проектировщик, подрядчик), к переходу в работе в направлении достижения именно этих новых, на порядок более сложно достижимых, экономических целей. При этом наиболее критичным приоритетом является экономическая мотивация агропредприятий-"потребителей" мелиоративных работ, обеспечивающих получение дохода, т. е. окупаемость инвестиций в мелиорацию, для которых в нынешних условиях «выгодны» любые удельные вложения государственных средств на гектар осушения, даже при самой мизерной отдаче от них. Решение этой проблемы возможно только при условии долевого участия агропредприятия в финансировании дорогостоящих мелиоративных работ. Вложение даже минимальных собственных средств сделает его эффективным заказчиком, экономически обоснованно выбирающим объекты реконструкции мелиоративных систем и варианты ее проведения, и обеспечивающим взыскательную приемку работ.

**3. Научно-методологические проблемы.** Понимание и мотивированность на достижение экономически оптимальных решений является необходимым условием, а достаточным является умение их рассчитывать. Главной проблемой при этом является многократное усложнение задачи при оптимизации на экономические показатели, вплоть до необходимости смены самой парадигмы проектирования мелиоративных систем [1]. Необходим переход от принятия решений экспертно-интуитивно, нормативно-типизированно (причем, ориентируясь на удовлетворение цели максимум урожая) к планированию и проектированию на основе многовариантных расчетов для выбора наилучшей из множества возможных альтернатив по экономико-экологическим и социальным критериям (экспертно угадать из бесконечно большого их числа вариант оптимальный экономически невозможно). Путь решения проблемы – разработка систем поддержки принятия решений по сельхозиспользованию, эксплуатации, реконструкции мелиорированных сельскохозяйственных объектов, включающих:

1) оптимизационно-имитационные экономико-математические модели бизнес-процессов в мелиорации и сельхозиспользовании;

2) автоматизированные системы их информационного обеспечения – агро-мелио-экономико-экологический мониторинг, включающий наземные измерения и данные дистанционного зондирования Земли и компьютерные системы хранения и переработки полученной при его осуществлении информации на основе геоинформационных систем и баз данных.

Система поддержки принятия решений предназначена для согласованного выбора в соответствии с рис.1 варианта пространственно-временного размещения сельскохозяйственных культур по полям и уровня интенсивности их выращивания: оптимального по вышесформулированным экономико-экологическим критериям распределения огра-

ниченных ресурсов между всеми урожаеобразующими факторами, включая мелиоративные мероприятия (реконструкция, ремонтно-эксплуатационные работы), с учетом возможных ограничений по валу продукции, посевным площадям, экологическим показателям и т.п., при заданных стохастических погодно-климатических воздействиях.

Разработка и использование таких систем требует подготовки в соответствующих предметных областях кадров с качественно новым уровнем знаний информационных технологий.

Оптимизация сельскохозяйственного использования основывается на модели урожая – многофакторной зависимости его от урожаеобразующих факторов: параметров и переменных состояния водного, пищевого, теплового и других режимов. Реально возможными для использования при оптимизации являются не физические (не биологические), а статистические модели урожая – регрессионные зависимости, получаемые по натурным данным урожайности в многофакторных опытах или непосредственно в производственных посевах на конкретных полях. Последний вариант намного точнее, так как модель урожая каждой конкретной культуры основывается на автоматическом интегрированном учете в эмпирических данных всех урожаеобразующих факторов данного поля, а не требует переноса с других полей по аналогии, доказательство которой является отдельной проблемой.

Важнейшей составляющей принятия решений в растениеводстве является оптимизация параметров мелиоративных объектов, основывающаяся на модели их осушительного действия. В качестве её целесообразно использовать балансовые (физические) зависимости: дифференциальные уравнения с сосредоточенными параметрами – камерные (компарментные) модели или в более строгой постановке - дифференциальные уравнения в частных производных динамики грунтовых вод и русловых потоков, уравнения переноса (модели с распределенными параметрами).

Идентификация структуры этих моделей на стадии разработки и идентификация их параметров на стадии практического использования системы поддержки принятия решений при планировании и проектировании сельхозиспользования и мелиоративных мероприятий, а также оценка эффективности реализованных их вариантов требуют наличия различных данных. Их вид, точность, пространственно-временная частота и, соответственно, способы фиксации должны быть адекватны виду моделей, используемых при оценке и принятии решений. Чем упрощеннее модель, тем меньше смысла повышать требования к данным. При наиболее приближенном экспертном способе принятия решения адекватным может быть наиболее упрощенный визуальный способ их наблюдения. Однако очевидна низкая точность такого способа оценки и принятия решений и в результате этого под вопросом эффективность выбранного таким образом варианта по критерию доходы-затраты.

Получение данных, т. е. информационное обеспечение принятия экономико-

экологически обоснованных решений и оценки их реализации, является задачей комплексного мониторинга, который по своему составу может быть определен как агро-мелио-экономико-экологический мониторинг.

При любом уровне общности и строгости постановки и решения задач оптимизации землепользования: от наиболее строгих постановок задач стохастической оптимизации с использованием имитационного моделирования до наиболее упрощенных эвристических решений, основанных на экспертных соображениях (здравом смысле) лица, принимающего решения (агронома, проектировщика), обоснованность выбора определяется точностью и надежностью используемой в расчетах, полученной по результатам агромониторинга исходной информации.

Необходимые для принятия решений информационные ресурсы классифицированы нами на:

- структура системы (тип, вид, топология мелиоративной сети, контуры, рельеф полей, вид сельхозиспользования, размещение инфраструктуры хозяйства, коммуникаций и т.п.);
- регулируемые и нерегулируемые параметры подсистем объекта (водно-физические, агрофизические, агрохимические, морфометрические и другие параметры почв, мелиоративной сети, сельскохозяйственной растительности, количество работников, ферм, гаражей, складов, силосных ям, характер покрытия, ширина дорог и т.п.);
- входные воздействия (цены, ресурсы, природно-климатические воздействия);
- управляющие воздействия (характеристики регулирования водного режима, дозы удобрений, средств защиты, технологические операции по севу, уходу, уборке и т.д.);
- переменные состояния процессов в системе (водный, тепловой, пищевой и другие режимы, определяющие урожайность во всех подсистемах);
- выходные воздействия (затраты на все технологические операции (управляющие воздействия) в натуральных показателях, полученная урожайность);
- функции цели (доходы, затраты, экологическое состояние).

Создаваемая автоматизированная система должна обеспечивать возможность эффективного хранения и обработки всех этих типов данных.

Реализация отдельных составляющих мониторинга осуществляется (может осуществляться) как самими хозяйствами-землепользователями, так и различными специализированными предприятиями и ведомствами в их интересах. Помимо данных по бизнес-процессам, фиксируемых в самом хозяйстве, наиболее крупными и необходимыми для принятия решений, обеспечивающих эффективное землепользование, информационными массивами являются:

- цены, устанавливаемые Минсельхозпродом;
- съемки рельефа, почвы по турам обследований, проводимым Государственным комитетом по имуществу и проектными институтами при изысканиях объектов;
- агрохимические характеристики почв по турам агрохимобследований, осуществ-

ляемым агрохимслужбой;

- топология и параметры мелиоративных объектов, определяемые при изысканиях проектными институтами;

- агрометеорологические данные, наблюдаемые Гидрометслужбой;

- текущие параметры и мелиоративное состояние осушенных земель и мелиоративной сети, фиксируемые предприятиями мелиоративных систем или самим хозяйством-землепользователем.

Очевидно, что прагматический интерес эти данные представляют исключительно для хозяйств-землепользователей, являющихся конечным потребителем этой информации, так как от её точности и правильности использования в расчетах зависит экономическая эффективность принимаемых хозяйственных решений. При необходимости мониторинг любого из этих типов данных агропредприятие может дополнить и собственными наблюдениями.

Для эффективного использования отдельных составляющих мониторинга, осуществляемых различными организациями, хранение их результатов должно реализовываться в автоматизированных системах, основанных на единой концепции, структуре и форматах хранения данных, что обеспечит возможность их интеграции при оптимизации агропроизводства конкретного хозяйства, планировании и проектировании реконструкции его мелиоративных систем.

Структура информационной системы должна учитывать основные особенности сельскохозяйственных объектов: многокритериальность, многофакторность зависимости урожая, динамичность урожаяобразующих факторов, стохастичность по годам, пространственную распределенность параметров на больших площадях, разномасштабность характерных времен протекающих в них процессов. С учетом этого разработана концепция двухкомпонентной геореляционной системы информационного обеспечения, включающей специализированную базу данных временных рядов для хранения результатов мониторинга переменных процессов, фиксируемых с частотой сутки и менее, и геоинформационную систему – тематические слои ГИС для хранения медленно изменяющихся пространственно распределенных параметров и структуры системы, в соответствии с которой должно организовываться хранение различных составляющих мониторинга осуществляющими их субъектами [2].

Важнейшая для оценки эффективности землепользования часть данных фиксируется непосредственно в самом агропредприятии. Для их хранения разработана автоматизированная книга истории полей на базе геоинформационной системы, представляющая собой электронную карту полей хозяйства и ассоциированную с ней таблицу их атрибутивных данных. Семантически в Книге истории полей выделяются два типа хронологической фиксации данных по каждому конкретному полю:

- управляющие воздействия, осуществляемые в бизнес-процессах агропроизводства

ва – высеваемые культуры, состав, объем и сроки осуществления технологических операций по севу, уходу, уборке;

- мониторинг состояния процессов – фиксируемые переменные состояния растений, почвы, мелиоративной сети и выходные воздействия – урожай и его качественные характеристики.

Фиксация этих данных осуществляется различными службами хозяйства, непосредственно реализующими соответствующие бизнес-процессы (агроном, механизатор, кладовщик), и в переструктурированном виде находит отражение в бухгалтерском учете.

Данные Книги истории полей могут использоваться для решения задач двух типов:

- экономико-экологической оценки эффективности уже реализованных решений по растениеводству в текущем году и за ряд лет агропредприятия в целом и сравнения вклада в неё различных полей, сроков окупаемости мелиоративных мероприятий (ремонт, реконструкции) при имевших место ценах, а также для анализа формирования процессов в различных подсистемах, диагностики элементов и причин (лимитирующих узких мест), приводящих к неудовлетворительным результатам. Кластеризация по группам урожайности позволяет выделять проблемные участки, требующие реконструкции, перезалужения, вывода из сельхозиспользования и т.п.;

- выбора оптимального решения из возможных альтернативных вариантов трансформации хозяйствования – планирование бизнес-процессов как с одногодичной заблаговременностью (оптимизация сельхозиспользования на предстоящий год), так и на многолетний период (бизнес-план окупаемости инвестиций в реконструкцию мелиоративных систем), а также для информационного обеспечения оптимизации использования урожайобразующих факторов при внедрении в перспективе технологий прецизионного (точечного) земледелия.

Соответственно Книга истории полей может заполняться в двух видах: "книга-факт" и "книга-план". В «книге-факт» фиксируются данные, имевшие место в истекшем году. В случае наличия бумажной Книги истории полей, после создания электронной версии в неё следует перенести данные за все имеющиеся годы для использования их в статистическом анализе урожайности каждого поля.

Данные «книги-план» представляют результат оптимизационных расчетов с использованием данных «книги-факт» истории полей за ряд предыдущих лет и вышеупомянутых моделей урожая. Атрибутивная таблица «книги-план» имеет тот же состав колонок - характеристик бизнес-процессов растениеводства, что и "книга-факт", но заполненных не зафиксированными, а планируемыми на предстоящий период данными (культуры, дозы удобрений и т.д., урожайность). Другая часть необходимых в «книге-факт» колонок – с данными по мониторингу, в «книге-план» не требуется.

Используя колонки внесенных исходных данных по каждому полю, с помощью калькулятора таблиц ГИС в атрибутивной таблице Книги истории полей могут автоматически

рассчитываться новые колонки (к примеру, суммарная доза всех удобрений, удельная урожайность на единицу массы удобрения, доходы от культур, прибыль, рентабельность и т.д.). При этом следует обратить внимание на то, что целостность данных в dbf-таблицах тем в ArcView не поддерживается, в связи с чем отслеживать её необходимо самостоятельно: в случае редактирования исходных данных следует осуществлять пересчет колонок, рассчитывавшихся с использованием изменённых данных.

При осуществлении анализа и расчетов сельхозиспользования помимо данных Книги истории полей чрезвычайно важны и необходимы вышеупомянувшиеся данные различных ведомств (почвы, агрохимия, водный режим). Для их эффективного использования хранение также должно осуществляться в виде тематических слоев ГИС, что обеспечивает беспроблемную их интеграцию с Книгой истории полей в случае одинаковых с ней имен объектов посредством соединения таблиц по ключевому полю.

Данные по более мелким площадным объектам, по которым имеется информация, в том числе получаемая сторонними организациями (элементарные участки по агрохимическим свойствам, нерегулярная сеть точек наблюдений различных показателей: почвенные обследования характеристик почв, уровней грунтовых вод и т.п.), должны храниться в соответствующих тематических слоях ГИС с изначально имеющейся детализацией, с возможностью агрегирования средствами информационной системы до уровня выделенной структурной единицы (поля). Интерполяцией средствами ГИС данные в нерегулярных точках могут быть зонированы и в результате этого получен весь комплекс урожаеобразующих факторов по каждому полю хозяйства, каждый из которых может быть добавлен в виде отдельной колонки в атрибутивную таблицу Книги истории полей.

Аналогично в отдельном тематическом слое может храниться дополнительно определяемая на каждом поле урожайность в точках по трассе движения комбайна при оснащении его специальным устройством с GPS-приемником (точное земледелие), файл данных, из памяти которого непосредственно импортируется в ГИС. Используя его, средствами ГИС можно осуществлять зонирование урожайности и получать её значения, агрегированные для каждого поля.

Средствами ГИС может осуществляться кластеризация отдельных полей хозяйства по группам - используя язык SQL запросов, из Книги истории могут быть выбраны подмножества полей по различным системообразующим признакам или их комплексу. При этом кластеризация, т.е. отдельный учет урожайности, может реализовываться с несколькими уровнями вложенности в любой выбранной последовательности: по неосушенным и осушенным полям, до и после проведения реконструкции, с разделением каждой из этих групп по видам культур, типам почв, на которых они произрастают, дозам удобрений и т.д., вплоть до получения генетически однородных групп данных, по каждой из которых может осуществляться анализ экономической эффективности, урожайности, причин её формирования с зонированием на электронной карте, являющейся средством дополнительного

анализа, рассчитанные многофакторные зависимости урожая по каждому полю.

Формирование поднаборов данных из всех полей хозяйства может осуществляться в автоматизированном режиме, используя построитель запросов ГИС или сортировку по значениям атрибутивных данных в интересующих колонках. Сформированный на любом шаге выбора поднабор данных может быть сохранен в виде отдельного тематического слоя, что обеспечивает возможность отдельного учета и последующего анализа урожайности по любому признаку.

При этом, используя инструмент резюмирования таблиц, может быть осуществлено резюмирование по любой из колонок (к примеру, «Год реконструкции»), обеспечивающее расчет статистических показателей (среднее, максимум, минимум) любых интересующих характеристик по выделенным группам.

Такой отдельный учет и анализ может осуществляться как в масштабах отдельного хозяйства, так и агрегировано до уровня района, области и республики с расчетом различных статистических характеристик (среднее, максимум, минимум, дисперсия).

#### **Выводы и предложения**

1. Возможность осуществления различных видов функционального и картографического анализа средствами ГИС эмпирических данных электронной книги истории полей за многолетие даже при отсутствии строгих оптимизационно-имитационных моделей позволяет кардинально повысить уровень обоснованности эвристически принимаемых специалистами решений. Для этого и вводилась в хозяйствах книга истории, но оказалось невозможным реализовать при бумажном варианте её ведение из-за невозможности анализа «вручную» больших объемов данных.

2. Для обеспечения возможности эффективного использования отдельных составляющих осуществляемого при оптимизации агропроизводства мониторинга, различными предприятиями и ведомствами (туры агрохимических, почвенных обследований, урожайность культур в сортоиспытаниях, изыскания под проектирование мелиорации и т.д.) хранение результатов должно переводиться на единую информационную основу: тематические слои ГИС для пространственно распределенных параметров и база данных временных рядов для гидрометеорологических и гидрологических данных с обеспечением интерфейса между ними.

#### **Литература**

1. Вахонин, Н.К. Проблемы оптимального проектирования мелиоративных систем / Н.К.Вахонин // Мелиорация переувлажненных земель, Т.ХХХVII. – Минск: Ураджай, 1989. – С.39-54.
2. Вахонин, Н.К. Автоматизированная геореляционная система информационного обеспечения принятия решений в агропроизводстве на основе мониторинга /Н.К. Вахонин // Стратегия формирования информационного общества в Республике Беларусь. – 2003. – С.209-212.

**Summary**

*N.K. Vakhonin. Problems of the transition on economic criteria at decision making on land reclamation and reclaimed lands agricultural use*

Different aspects (notional-psychological, organizing-motivational, scientifically-methodological) of the problem of the transition of decision making in land reclamation and reclaimed lands agricultural use on economic criteria are analysed in the article. The conceptual approaches are stated on development of decision making system and its dataware on the base of monitoring. There are considered in detail questions of realization of agro-enterprise electronic fields history book as base of the acceptance economy-ecological motivated decisions.

*Поступила 01 февраля 2010 г.*