

УДК 004.62:338.012

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ, НА ПРИМЕРЕ ОТРАСЛИ МЕЛИОРАЦИИ



Вахонин Н.К.

*Профессор кафедры
компьютерных информационных
технологий МИТСО, кандидат
технических наук, доцент
Nik.vahonin@mail.ru*

Н.К. Вахонин

Окончил Белорусскую государственную сельскохозяйственную академию, Московский физико-технический институт. Область научных интересов связана с системным анализом, моделированием, разработкой систем принятия решений и их информационного обеспечения, на основе мониторинга и формирования пространственно-временных БД больших природно-технических систем в отрасли сельскохозяйственная мелиорация.

Аннотация. В статье приведены результаты системного анализа проблемы разработки системы поддержки принятия решений в больших, пространственно-распределенных природно-технических системах, со стохастическими входными воздействиями, на примере информатизации мелиоративной отрасли Выделена единая, связанная общими экономико-экологическими целями и неразрывным процессом динамики воды, система мелиоративный сельскохозяйственный объект, подлежащий оптимизации на всех этапах своего жизненного цикла (проектирование, создание, использование, контроль реконструкция). Сформулированы альтернативные варианты моделей функционирования системы и их информационного обеспечения. Показано, что выбор их оптимума сам является задачей целе ориентированного принятия решений, предопределяющего оценку эффективности информатизации, по результатам ее использования в реальном секторе экономики. Представлен ряд информационных средств, разработанных для мелиорации.

Ключевые слова: системный анализ, предметная область, реальный сектор экономики, большие системы, материальные системы, мелиоративная отрасль, мелиоративный сельскохозяйственный объект, информатизация, цифровая экономика, система поддержки принятия решений, оптимизация, цели, критерии, экономическая эффективность, этапы жизненного цикла систем, проектирование информационных систем, диаграммная символика, модель функционирования системы, уравнения с распределенными параметрами модель черный ящик, нейросетевая модель, стохастические входные воздействия, пространственно-временное информационное обеспечение, геореляционные базы данных, большие данные, вращение данных, геоинформационные системы.

Введение. В реализуемой в Беларуси Государственной программе Цифровое развитие Беларуси [1], наряду с быстрым формированием новой, инвестиционно привлекательной отрасли «чисто» информационно-коммуникационных технологий: электронная торговля, мобильные приложения, электронные игры, интернет-технологии передачи информации, выполнение заказов на оказание государственных услуг и т.п.,

особую актуальность имеет, и рассматривается как основа развития экономики страны информатизация материальных технологий и систем всех традиционных отраслей (предметных областей), реального сектора экономики (энергетика, промышленность, сельское хозяйство, транспорт, строительство и т.п.). –цифровая экономики.

При этом под повсеместно используемым на бытовом уровне словосочетании цифровизация экономики следует понимать не перевод на компьютерную основу имеющихся докомпьютерных, по неизбежности являющихся предельно упрощенными и, соответственно, неточными, методов принятия решений, базирующихся на экспертно-нормативных соображениях, а реинжиниринг технологий принятия решений с осуществлением структурирования проблемы на основе системного анализа и создания автоматизированных систем поддержки принятия решения, так как по мнению одного из основоположников искусственного интеллекта, академика Г.С. Поспелова автоматизация рутины –не прогресс, а регресс.

В условиях конкурентной (рыночной) экономики, в любой из отраслей – подотраслей – хозяйствующих субъектов на всех этапах жизненного цикла должна решаться общая задача выбора оптимального варианта всех соответствующих им организационных, технологических, технических, конструктивных составляющих материальных технологий, обеспечивающего получение максимального дохода при минимизации затрат. Т.е. в практике функционирования каждой отрасли стоит задача многокритериальной оптимизации, решение которой может осуществляться только на основе информационных технологий.

Наиболее актуальна информатизация в отраслях с большими удельными затратами бизнес-процессов получения производимой продукции, что делает проблему повышения их эффективности наиболее острой. В том числе, это относится к сельскохозяйственному растениеводству, имеющему удельные затраты 500-1000 \$/га, что связано с большой площадной распределенностью и высокой энергоемкостью обработки почвы, как в технологических операциях выращивания сельскохозяйственных растений, так и при создании систем обеспечения их факторов жизни. В частности, большие удельные затраты требуются при создании (1500-2000 \$/га и более) и поддержании в работоспособном состоянии мелиоративных систем, обеспечивающих один из важнейших урожаеобразующих факторов – формирование требуемого сельскохозяйственным растениям благоприятного водного режима непрерывно на протяжении всего вегетационного периода. В сочетании с необходимостью осуществления мелиоративных работ по реконструкции эксплуатации и управлению водным режимом на 2,9 млн. га осушенных земель, ежегодно требуются большие объемы капиталовложений и чрезвычайно актуальна проблема их эффективного использования. Несмотря на совершенствование технических средств механизации мелиоративных работ, удельные затраты на их осуществление неизбежно остаются большими, что вызывается энергоемкостью перемещения почвы, являющегося основной операцией создания конструктивных решений, соответствующих традиционным методам и способам отвода гравитационной воды осушительными системами (прокладка и подчистка открытой сети каналов, ложбин, воронок, планировка и профилирование поверхности, укладка дренажа).

Учитывая продолжительный период развития базовых отраслей, в частности сельскохозяйственной мелиорации, традиционные методы совершенствования их технологических (материальных) процессов, конструктивных решений, методов, способов на макроуровне практически задействованы. Качественное улучшение материальных технологий, конструктивных решений, более эффективных по соотношению «цена–качество»), возможно при переходе на микроуровень (био-, нано технологические решения и т. п.), что в обозримой перспективе представляется маловероятным.

В этих условиях информационные технологии являются важнейшим средством повышения эффективности существующих материальных технологий, посредством создания систем поддержки принятия решений, обеспечивающих выбор оптимальных вариантов структуры, параметров, режимов из имеющегося множества альтернатив при планировании, проектировании, управлении использованием всех урожаеобразующих факторов (водного, пищевого, химического, теплового режимов).

Фактически в производящих продукцию отраслях, в том числе сельскохозяйственном растениеводстве и важнейшей его составляющей – мелиорации, цифровая экономика означает качественно новый уровень оптимизации при планировании и проектировании бизнес-процессов на всех этапах жизненного цикла: строительства – эксплуатации – реконструкции, без которого невозможен переход от вала к прибыли, что в современной конкурентной экономике является безальтернативным условием повышения эффективности и развития от отдельного хозяйства до отрасли в целом.

В мелиорации система поддержки принятия решений базируется на оптимизационно-имитационных экономико-математических моделях, с более строгим описанием физических процессов функционирования мелиоративных систем во взаимосвязи неразрывного процесса динамики воды в цепочке мелиоративная сеть, мелиорированная почва – растения, связанных с ней других урожаеобразующих факторов формирования урожайности, на качественно новом уровне математического аппарата, соответствующего вычислительным возможностям современных компьютерных средств.

Другой составляющей системы принятия решений является подсистема информационного обеспечения оптимизационно-имитационной модели на основе мониторинга параметров и переменных состояния каждого конкретного объекта и его элементов, в том числе с использованием ДДЗ, с автоматизированным хранением данных в ГИС и БД. При этом наибольшую актуальность, как и в других технических системах [2], имеет автоматизация проектирования.

Результаты исследований. Первоначальное строительство мелиоративных систем в 50-80 гг., в связи с имевшим место дефицитом продовольствия, осуществлялось на цели хозяйственно-технического уровня общности (максимум урожайности и, соответственно, максимум быстрогодействия мелиоративных систем на осушение и увлажнение). При этом, в условиях домашней математики проектирование вынужденно осуществлялось с использованием предельно упрощенных зависимостей осушительного действия мелиоративной сети, основываясь на нормативно-типизированном одновариантном расчете параметров систем на усредненный по площади объекта нормативно принимаемый модуль стока расчетной обеспеченности критического периода [3], что вело к большим коэффициентам запаса параметров сети и, соответственно, ее капиталоемкости.

В условиях конкурентной экономики целью систем производства продукции любого вида, в том числе сельскохозяйственной, является экономическая эффективность. В связи с этим, в современных условиях цели (критерии) сельскохозяйственного производства, и соответственно одной из важнейших его составляющих – мелиорации, кардинально изменяются, в сравнении с условиями дефицита продовольствия, имевшими место в период первоначальной мелиорации.

В соответствии с прежней целью максимизации производства сельскохозяйственной продукции, первоначальная широкомасштабная мелиорация осуществлялась с ориентацией на обеспечение водного режима, максимально соответствующего требованиям сельскохозяйственных растений на протяжении периода вегетации. В соответствии с этим основной концепцией было создание все более технически «совершенных», – имеющих максимальное быстрогодействие на осушение-увлажнение мелиоративных систем, посредством проектирования параметров их элементов (каналов, дренажа) с повышенными коэффициентами запаса, использования

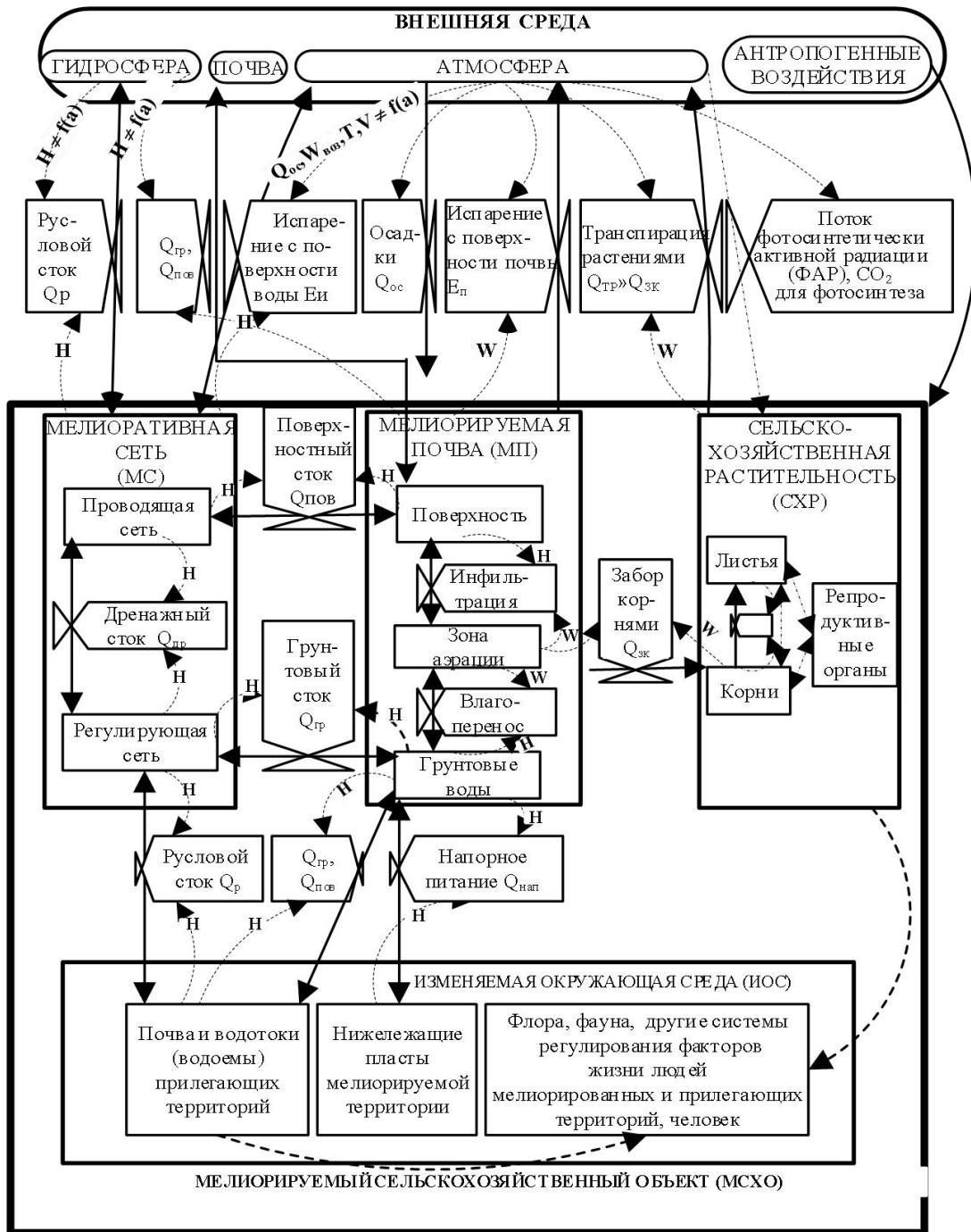
машинного водоподъема, реализации автоматизированного управления водным режимом и т.п. Очевидно, что повышение точности регулирования водного режима за счет все большего технического совершенствования систем ведет к росту удельных затрат. При этом рост урожайности от обеспечения более оптимального водного режима с каждым шагом повышения точности регулирования все более замедляется (становится все медленнее окупаемым).

В современных условиях конкурентной экономики, требующей от сельского хозяйства перехода с валовых показателей на экономические, главной задачей в мелиорации является изменение основополагающего подхода в принятии решений при планировании и проектировании мелиоративных мероприятий (строительство, реконструкция, ремонт мелиоративных систем, управление водным режимом) с целей технической работоспособности систем, к выбору вариантов мелиоративных объектов, отвечающих целям экономико-экологического уровня общности: максимум доходов, минимум затрат, минимум негативного влияния на окружающую среду [4]. В конкретных задачах эти цели могут выступать в виде критериев оптимальности или ограничений.

Анализ достижения сформулированного набора целей не может быть реализован при рассмотрении только непосредственно мелиоративной системы, определяющей исключительно величину затрат, а по неизбежности требует моделирования ее в составе более общего иерархического уровня общности.

Исходя из системного подхода, в качестве функционально полной системы должен рассматриваться мелиоративный сельскохозяйственный объект (МСХО), включающий четыре подсистемы: мелиоративная сеть (МС), мелиорируемая почва (МП), сельскохозяйственная растительность (СХР), изменяемая окружающая среда (Рис.1), неразрывно связанные единой системой целей экономико-экологического иерархического уровня общности и процессами взаимодействия, основополагающим среди которых является процесс динамики воды. На рис 1 динамика материального потока воды в подсистемах и водообмен между ними отображается с использованием диаграммной символики Форрестера, отражающей взаимосвязь переменных типа потока (расход воды) и типа уровня(напор), в русловых потоках сети каналов и дренажа подсистемы мелиоративная сеть, грунтового и поверхностного стока в подсистеме мелиорируемая почва и водопотребления в подсистеме сельскохозяйственная растительность с учетом сложной транзитивной цепочки прямых и обратных связей.

Схема Рис.1 отражает модель структуры и физическое представление технологического процесса агропроизводства на мелиорированных землях, формализация которого представляет матфизическую модель МСХО.



- системы (подсистемы)-емкости, характеризующиеся уровнем;
 - функции решений; - внешняя среда (надсистема "природа");
 - вещественные потоки (воды а также переносимых ею тепла, питательных элементов, химических элементов и т.д.);
 - потоки ФАР, CO₂, ассимилятов растений; - потоки информации;

$H(W)$ - переменные типа уровня (уровень воды(влажность) в соответствующей подсистеме; Q - переменные типа потока; $W_{воз}, T, V$ - влажность, температура воздуха, скорость ветра; a - альтернативы (варианты структуры, изменяемых параметров, управлений) в МСХО.

Рис.1 Модель взаимосвязи процессов динамики воды на мелиорируемом сельскохозяйственном объекте и прилегающей территории

Средняя площадь отдельного МСХО составляет около 600 гектар, на равнинных землях Полесской низменности достигая 1000 гектар и более. Общее число отдельных

МСХО составляет 4950 штук, с генерализацией до мелиоративного комплекса Беларуси в целом, представленных на рис.2.



Рисунок 2. Мелиоративный комплекс Республики Беларусь

Всего в Беларуси в результате проведенной широкомасштабной мелиорации было осушено и находится в сельскохозяйственном использовании около 3 млн. га земель – треть всех сельхозугодий. Мелиоративные системы были построены на протяжении длительного периода (основная часть в 50-90 годы), в связи с чем в настоящее время находятся в различном состоянии. В результате этого на них имеет место необходимость в мероприятиях, соответствующих различным этапам жизненного цикла, реализация которых осуществляется в рамках текущей государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы (рис.3).

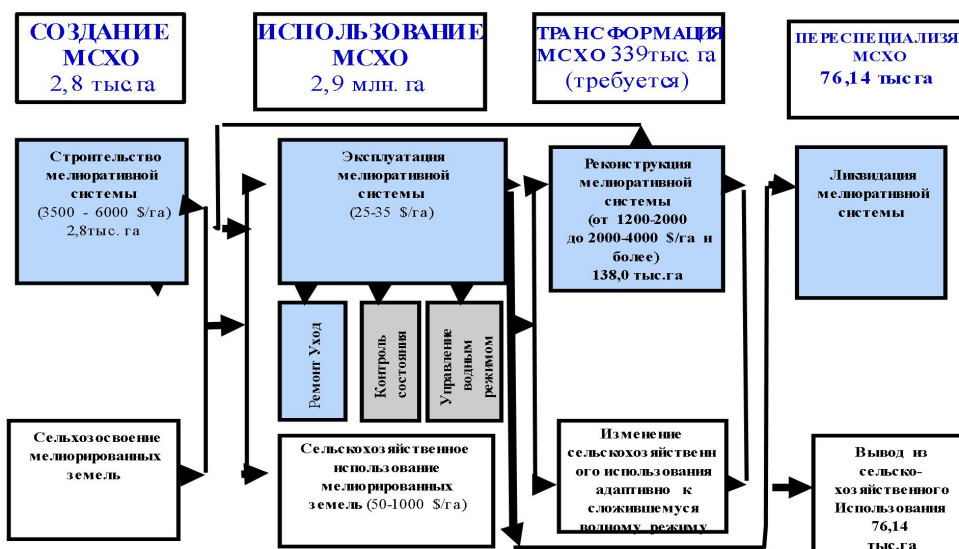


Рисунок 3. Жизненный цикл мелиоративных сельскохозяйственных объектов (МСХО) отрасли и его этапы в Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг.

Переход с подходов, основанных на критериях работоспособности систем к экономической эффективности в особенности актуален для наиболее затратных этапов жизненного цикла мелиоративных систем: нового строительства реконструкции, капитальных ремонтов.

Решение этой задачи может быть обеспечено только на основе разработки и использования в мелиорации и сельхозиспользовании мелиорированных земель инновационных решений как в материальных, так и в играющих основную роль при принятии решений, информационных технологиях.

Основополагающими концептуальными подходами для достижения этого являются:

– системный подход: планирование мелиоративных мероприятий от общего к частному: республиканский уровень – бассейновые схемы – конкретные мелиоративные объекты. Рассмотрение при проектировании в качестве единой оптимизируемой системы мелиоративного сельскохозяйственного объекта (МСХО);

– использование адаптивных стратегий: рассмотрение при выборе решений в качестве возможных альтернатив наряду с исключительно активными природо-изменяющими стратегиями («кардинальной» мелиорации), также и менее затратных и оказывающих меньшее воздействие на окружающую среду, вариантов приспособления сельскохозяйственного использования земель, проходимости используемой сельскохозяйственной техники, выбираемой интенсивности осушения наиболее пониженных участков МСХО, к складывающемуся водному режиму. Особо следует отметить, что при этом понятие адаптации следует понимать не относительно хозяйственно-функциональных характеристик, а по экономическим показателям:

– переход от нормативно типизированных решений к многовариантным расчетам на основе компьютерных систем поддержки принятия решения базирующихся на оптимизационно-имитационных экономико-математических моделях с распределенными параметрами, адекватно описывающих физику процессов осушительного действия, с использованием объективных данных о реальном состоянии систем, для обеспечения «Точной мелиорации» – осуществления исключительно реально обоснованных мелиоративных мероприятий с действительно необходимыми параметрами дифференцированными по площади объекта (т.е. исключения непродуктивных затрат);

– переход в проектировании, при описании основополагающего мелиоративного процесса – осушительного действия мелиоративной системы, от использования предельно упрощенных, ориентированных на возможность осуществления ручного счета, зависимостей течения воды в грунте и мелиоративной сети (установившееся, стационарное, равномерное движение воды с эвристически принимаемым расходом расчетной обеспеченности расчетного периода), к многовариантному автоматизированному проектированию, базирующемуся на физически адекватных реальным условиям осушения нестационарным моделям с распределенными параметрами;

– оптимизация вида и интенсивности сельхозиспользования мелиорированных земель на основе надежных многофакторных мультипликативных моделей урожайности сельскохозяйственных культур;

– организация эффективной системы автоматизированного информационного обеспечения принятия решений с распределенными параметрами при планировании и проектировании мелиорации и сельхозиспользования мелиорированных земель на всех иерархических уровнях их осуществления, на основе проведения агро-гидро-эколого-мелиоративного мониторинга параметров и переменных состояния, ведения книги истории полей, контроля и диагностики всех подсистем конкретного мелиоративного сельскохозяйственного объекта и его элементов, в том числе с использованием данных дистанционного зондирования земли, средств неразрушающего контроля с автоматизированным хранением, обработкой и использованием результатов наблюдений в

реализованной на основе геореляционной концепции пространственно-временной информационной системе, базирующейся на интегрированном использовании ГИС и БД;

- максимальное использование работоспособных элементов при реконструкции мелиоративных систем;
- разработка конструкций мелиоративных систем и их элементов с использованием новых материалов;
- разработка многофункциональных энергосберегающих технических средств, сельскохозяйственных машин повышенной проходимости.
- эффективная эксплуатация МСХО, обеспечивающая максимальный промежуток лет между дорогостоящими реконструкциями.

Принятие эффективных решений на всех уровнях планирования, проектирования, строительства, эксплуатации мелиоративных объектов и их сельхозиспользования требует использования систем поддержки принятия решений, разработанная структура которых, включающая оптимизационные модели и их информационное обеспечение приведена на рис.3.

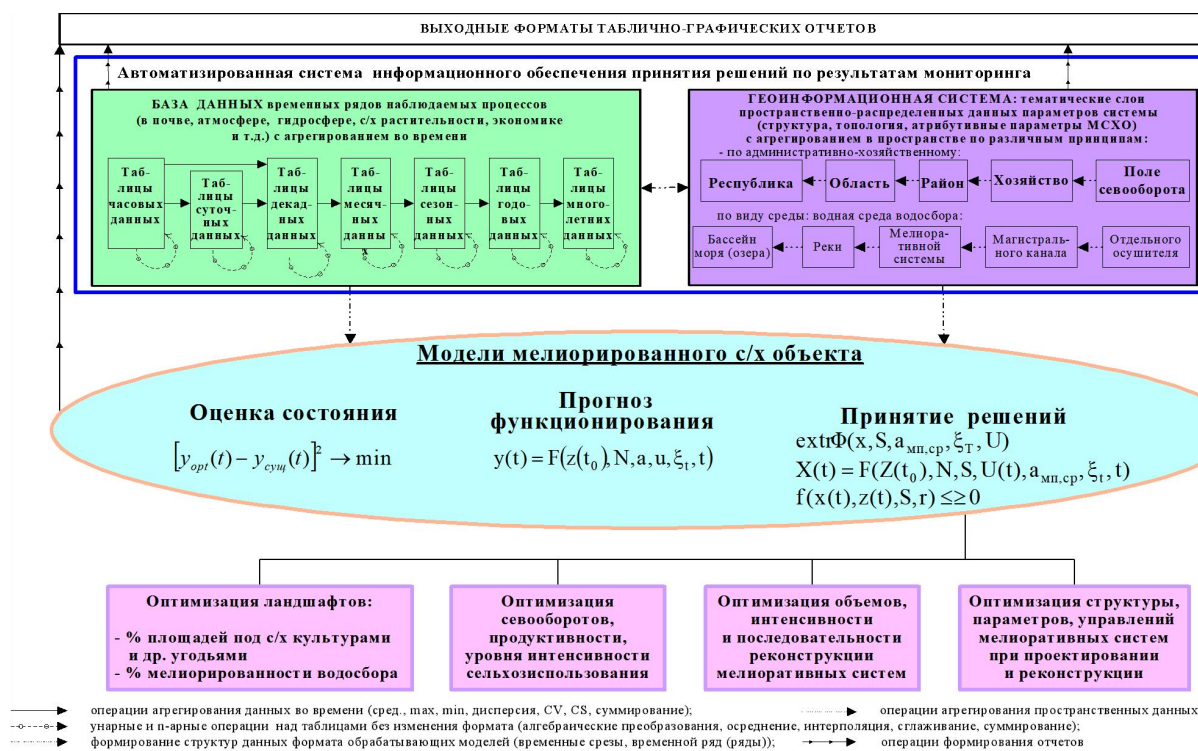


Рисунок 4. Система поддержки принятия экономико-экологически обоснованных решений в мелиорации и сельхозиспользовании мелиорированных земель с геореляционной структурой информационного обеспечения по результатам мониторинга агро-гидро-гео-метео-показателей объектов

На основании проведенного системного анализа для современных условий конкурентной экономики, сформулирована необходимость оптимизации мелиоративных мероприятий, на цели экономико-экологического уровня общности (максимум доходов, минимум затрат, экологические ограничения на параметры и процессы), прежде всего, при проектировании наиболее дорогостоящих реконструкции и строительства новых систем [4]. Учитывая взаимосвязь степени регулирования водного режима (затраты) с урожайностью сельскохозяйственных культур (доходы), прослеживание целей экономического уровня требует рассмотрения в качестве единой оптимизируемой

системы мелиоративного сельскохозяйственного объекта (МСХО), включающего подсистемы: мелиоративная сеть, мелиорируемая почва, сельскохозяйственная растительность, изменяемая окружающая среда, неразрывно взаимосвязанные транзитивными цепочками прямых и обратных связей протекающих в них процессов взаимодействия, формирующихся под воздействием стохастических погодно-климатических воздействий.

Разработанная методика оптимизации параметров по критериям экономико-экологического уровня (рисунок 2) заключается в выборе наилучшего варианта на основе многовариантных расчетов на модели МСХО. При этом, наряду с активными природоизменяющими стратегиями регулирования водного режима под требования растений (варианты структуры и параметров мелиоративных систем), в качестве альтернатив рассматриваются и адаптивные стратегии – смена вида и интенсивности сельхозиспользования под естественно-природные условия и водный режим, сложившийся в результате износа системы в процессе многолетнего использования, что обеспечивает выбор согласованных по экономическим критериям параметров мелиоративных систем и сельхозиспользования [5]. Наиболее актуально использование адаптивных подходов (севообороты с влаголюбивыми культурами и сортами, сельскохозяйственная техника повышенной проходимости) в течение продолжительного периода на площадях, по результатам инвентаризации требующих реконструкции, но не вошедших, из-за ограниченности финансирования, в программу работ на текущую пятилетку (в действующей программе это половина площадей из 350 тыс. га требующих реконструкции).

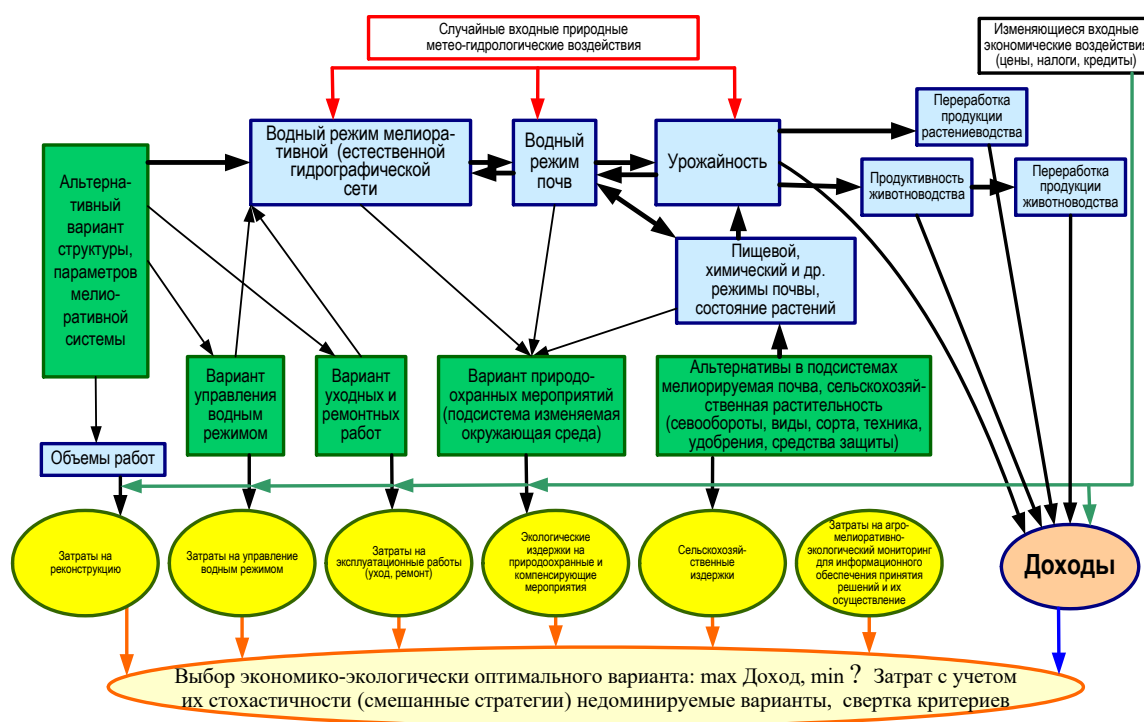


Рисунок 5 – Методология проектирования реконструкции мелиоративных сельскохозяйственных объектов на цели экономико-экологического уровня общности

Исходя из необходимости учета затрат всех этапов жизненного цикла, сформулировано требование о целеориентированности выбора оптимального варианта самой системы принятия решений из возможных альтернатив (от наиболее строгих уравнений с распределенными параметрами со случайными стохастическими входными

погодно-климатическими воздействиями, до наиболее упрощенных моделей типа «черный ящик» и производственные функции), основанного на согласованном выборе уровня точности модели принятия решения и необходимого для расчета на ней информационного обеспечения, при котором имеет место наибольшее превышение дохода от прибавки урожайности в результате более точного принятия решения (выбора оптимальной структуры и параметров при проектировании мелиоративной системы, алгоритма управления при эксплуатации) над затратами на сбор информации и реализацию расчетов.

Аналогично этому сформулированы альтернативные варианты методов контроля состояния мелиоративных систем по: конечным экономическим характеристикам (прибыль, рентабельность) – хозяйственным (урожайность) – переменным состояниям (водный режим почвы – водный режим мелиоративной сети) – параметрам мелиоративной сети, имеющих различный уровень точности и затрат на осуществление.

Для реализации вышеприведенной системы принятия решений разработан комплекс взаимосвязанных программных средств, предназначенных для оценки состояния, прогноза функционирования систем и их оптимизации на основе многовариантных расчетов.

Информационным ядром системы является реализованная на основе геореляционной методологии автоматизированная система, включающая разработанную специализированную базу данных временных рядов агро-метео-эколого-гидромелиоративного мониторинга, обеспечивающую хранение имеющих быстрое характерное время изменения (часы) переменных состояния водного режима и других урожаеобразующих факторов во всех подсистемах МСХО (уровни, расходы, влажность и др.) и входных случайных агрометеорологических факторов (осадки, температура и т.д.), интегрированную с ГИС, обеспечивающей хранение структуры и параметров МСХО. Так как система предназначена не просто для хранения данных (наджность хранения обеспечивается по умолчанию), а для эффективного автоматизированного информационного обеспечения разнообразных задач прогноза, оценки, оптимизации, то разработан ряд программных средств по обработке, пространственно-временному анализу собранных в автоматизированной системе данных. Функционал системы включает синхронизацию, расчет различного вида статистик агрометеофакторов любого уровня агрегирования, их аппроксимацию во времени и зонирование по территории, алгоритм расчета скользящего среднего для прослеживания направленности трендов изменения агрометеофакторов и урожайности в последовательном ряду лет, расчет обеспеченности урожайности сельхозкультур, изменяющейся в связи с колебанием по годам погодно-климатических условий, с сохранением результатов в виде наборов данных различной структуры для использования в различных приложениях [5-7].

Используя собранные данные мониторинга агрометеофакторов за весь имеющийся период наблюдений Гидрометслужбы и урожайности различных сельскохозяйственных культур в сортоиспытаниях на сортоиспытательных станциях Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений, с использованием геоинформационных технологий, осуществлен пространственно-временной анализ и получены выводы о том, что в годы с различной обеспеченностью урожайности наибольшую ее величину имеют различные культуры, т.е. культуры с наибольшей урожайностью в среднемноголетние годы и имеющие наибольшую ее величину в годы с экстремальными агрометеоусловиями (осадки, температура), могут различаться.

В соответствии с рис.5 разработан и реализован комплекс программных средств, предназначенных для решения задач контроля оценки, прогноза и оптимизации мелиоративных систем и сельскохозяйственного использования земель, а также организации их автоматизированного информационного обеспечения, взаимосвязь которых приведена на рис.6.



Рисунок 6. Комплекс программных средств системы поддержки принятия решений в мелиорации

Исходя из того, что эффективность функционирования мелиоративных объектов определяется рядом характеристик (водный режим мелиоративной сети, мелиорированных земель, метеофакторы, плодородие почвы и т.п.), пространственно-распределенных на больших площадях и изменяющихся во времени (в течение периода вегетации и по годам) разработана геореляционная структура хранения результатов их мониторинга. Она включает хранение пространственно распределенной структуры и параметров мелиоративных объектов в тематических слоях геоинформационной системы, а переменных быстроизменяющихся процессов (температура, осадки, уровни, расходы и т.д.) – в разработанной специализированной реляционной базе данных временных рядов «GEO2», с организацией интерфейса между ними].

В настоящее время в БД собрано более 15 млн. данных по метеостанциям Беларуси, и других объектов, являющихся надежным информационным обеспечением различных практических задач мелиорации. С помощью реализованных клиентских приложений обеспечиваются разнообразные обработки временных рядов, их анализ, графическое и табличное представление.

Единая методология информационного обеспечения всех рассматриваемых задач (программно реализованных моделей) обеспечивает возможность беспрепятственного автоматизированного обмена данными между информационными подсистемами, необходимыми различным субъектам мелиоративной деятельности: подсистема госучета мелиоративных объектов в генерализованных показателях «Аграрный бизнес» для разработки программ мелиорации республиканскими и областными органами управления; подсистема обеспечения бизнес-процессов в мелиоративных предприятиях (паспортизация мелиоративных систем) «Аграрный бизнес» планирования работ по эксплуатации, реконструкции, контроль их выполнения и технического состояния мелиоративных систем по ежегодным обследованиям и инвентаризациям; книга истории полей агропредприятия и практически являющаяся ее составной частью, система мониторинга почв по турам почвенных и агрохимических обследований, обеспечивающая отдельный учет урожайности на мелиорированных землях для планирования их сельскохозяйственного использования, обоснованного выбора объектов требующих реконструкции;

система мониторинга агро-гидрометеорологических данных для информационного обеспечения проектирования. В результате этого все вышеперечисленные подсистемы фактически являются частями единой информационной системы агропроизводства. При этом исключается непродуктивный повторный сбор и ввод данных.

Информационное ядро системы (ГИС, БД) обеспечивает автоматизированное формирование любых пространственно-временных наборов данных различной структуры, необходимых для оптимизационно-имитационных моделей с распределенными параметрами осушительного действия мелиоративных систем, формирования поверхностного стока (*VRLAB*, ГИС модели поверхностного стока, книга истории полей севооборота (рис.4)), а также других наборов данных, необходимых для любых задач (используемых моделей) на различных иерархических уровнях управления.

Заключение. Разработанная система поддержки принятия решений обеспечивает повышение эффективности мелиорации за счет осуществления многовариантных расчетов для выбора оптимальных вариантов при планировании и проектировании реконструкции мелиоративных систем и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, основываясь на реальных данных.

Список литературы

- [1] Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 годы. Постановление СМ РБ от 02.02.2021 № 66
- [2] Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа –Москва: Наука,1981. – 487 С.
- [3] Технические условия и нормы проектирования осушительных систем в Белорусской ССР/Белгипроводхоз-Минск, 1970. -330с.
- [4] 4.Вахонин, Н. К. Мелиоративное проектирование с позиций системного анализа / Н. К. Вахонин // Прогнозы водного режима при мелиорации земель. –Минск: БелНИИМиВХ, 1988. – С. 47-61.

MODELING AND FORMATION OF SPATIO-TEMPORAL INFORMATION SUPPORT WHEN INFORMATIZING, USING THE EXAMPLE OF THE HYDRORECLAMATION INDUSTRY

Vakhonin N.K.

*Professor of the department
computer information
technologies MITSO, candidate
technical sciences, associate professor*

Annotation. The article presents the results of a system analysis of the problem of developing a decision support system in large, spatially distributed natural-technical systems, with stochastic input influences, using the example of informatization of the reclamation industry. A complete hydroreclamation system is identified, connected by common economic and environmental goals and the inseparable process of water dynamics an agricultural facility subject to optimization at all stages of its life cycle (design, creation, use, control, reconstruction). Alternative options for models of system functioning and their information support are formulated. It is shown that the choice of their optimum is itself a task of goal-oriented decision making, which predetermines the assessment of the effectiveness of informatization based on the results of its use in the real sector of the economy. A number of information tools developed for land reclamation are presented.

Key words: system analysis, subject area, real sector of the economy, large systems, material systems, hydroreclamation industry, hydroreclamation agricultural facility, informatization, digital economy, decision support system, optimization, goals, criteria, economic efficiency, stages of the systems life cycle, design of information systems, diagrammatic symbols, model of system functioning, equations with distributed parameters, black box model, neural network model, stochastic input influences, spatiotemporal information support, geo-relational databases, big data, data rotation, geographic information systems.