

# МЕЛИОРАЦИЯ

УДК 626.8:631.6

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МЕЛИОРАТИВНОЙ ОТРАСЛИ

**Н.К. Вахонин**, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации»

**Ключевые слова:** мелиоративный сельскохозяйственный объект, мониторинг, жизненный цикл системы, информационная система, временные ряды, ГИС, база данных агрегирования, принятие решений

### **Введение**

В настоящее время оценка эффективности мелиоративных мероприятий на практике в значительной степени основывается на экспертных соображениях и в основном имеет эвристический характер, что связано как с недостатком необходимых мониторинговых наблюдений, так и с отсутствием автоматизированной системы хранения и использования данных. Учитывая чрезвычайно большие объемы работ, предусматриваемых Государственной программой «Сохранение и использование мелиорированных земель на 2011—2015 гг. по всем этапам жизненного цикла мелиоративных объектов: строительство, уход, ремонт, реконструкция мелиоративных систем, а также высокие удельные затраты на их осуществление (для реализации программы на предстоящую пятилетку требуется 13,65 трл.руб.), необходимо обеспечить эффективное использование выделяемых на мелиорацию средств. Для этого необходимо создание системы поддержки принятия решений для выбора экономически оптимальных решений по планированию мелиоративных мероприятий, выбора последовательности их проведения, распределения средств, а также оптимизации параметров их осуществления. Для реализации соответствующих расчетов требуются объективные данные по характеристикам всех составляющих мелиоративных объектов: рельефу, почве, водоприемникам, каналам, погодно-климатическим и гидрологическим воздействиям.

Одновременно с минимизацией затрат на мелиорацию экономическая эффективность определяется максимизацией доходов при сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель. Для выбора варианта оптимального сельхозиспользования наряду с данными по водному режиму необходимы данные по другим урожаеобразующим факторам: пищевому, тепловому режимам, технологическим операциям и т.п.

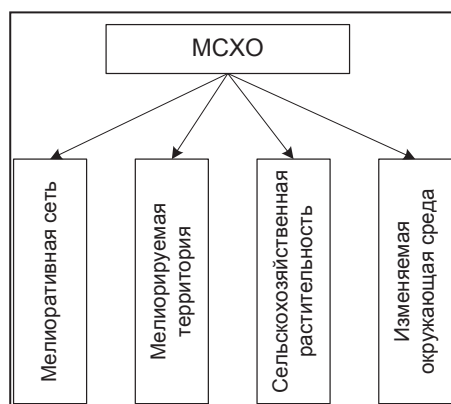
Принятие решений, соответствующих различным этапам жизненного цикла мелиоративных объектов, определяющих эффективность мелиорации, осуществляется

различными субъектами: министерство, департамент по мелиорации, облводхозы, районные предприятия мелиоративных систем, проектные институты, агропредприятия. В настоящее время единая система информационного обеспечения принятия решений, оценки эффективности их реализации не реализована, в результате чего имеют место непродуктивные затраты при дублированном сборе одной и той же информации, повторном вводе ее в компьютер. Каждым субъектом собирается самостоятельно разрозненная, зачастую недостаточная для осуществления надежных технических и экономических расчетов информация, что снижает эффективность принимаемых решений. В связи с отсутствием компьютерных информационных систем даже собранные данные зачастую не сохраняются, что ведет к дополнительным издержкам для их повторного получения. Обработка и обмен данными между субъектами мелиоративной деятельности, задействование их в расчетах практически не автоматизированы. Учитывая вышеизложенное, разработка интегрированной информационной системы мелиоративной отрасли является важнейшим условием повышения эффективности мелиорации за счет принятия более обоснованных решений на всех этапах жизненного цикла.

Для разработки эффективной структуры автоматизированной системы хранения и обработки этой информации необходим системный анализ всех аспектов предметной области, включая процессы, протекающие на мелиоративных объектах, определяющие состав подлежащих мониторингу показателей, параметры подсистем и элементов мелиоративных объектов, характеризующие их состояние, состав бизнес-процессов и соответствующих им данных мониторинга по различным этапам жизненного цикла мелиоративных объектов, а также субъектов хозяйствования их реализующих и необходимого информационного обмена между ними.

**Системный анализ процессов и параметров мелиоративных объектов, определяющих состав мониторинговых наблюдений для информационного обеспечения принятия решений**

Мелиорированный сельскохозяйственный объект представляет собой тесно взаимосвязанные единой системой целей и взаимодействий подсистемы: мелиоративная



сеть — мелиорируемая почва — сельскохозяйственная растительность — изменяемая окружающая среда, между которыми происходят обмен веществом, энергией, информацией [1] (рис. 1).

В выделенных подсистемах протекает ряд процессов, связанных сложной цепочкой транзитивных связей (рис. 2). Главный процесс, на который воздействует мелиоративная сеть — динамика

**Рисунок 1 — Система МСХО (мелиоративный сельскохозяйственный объект)**

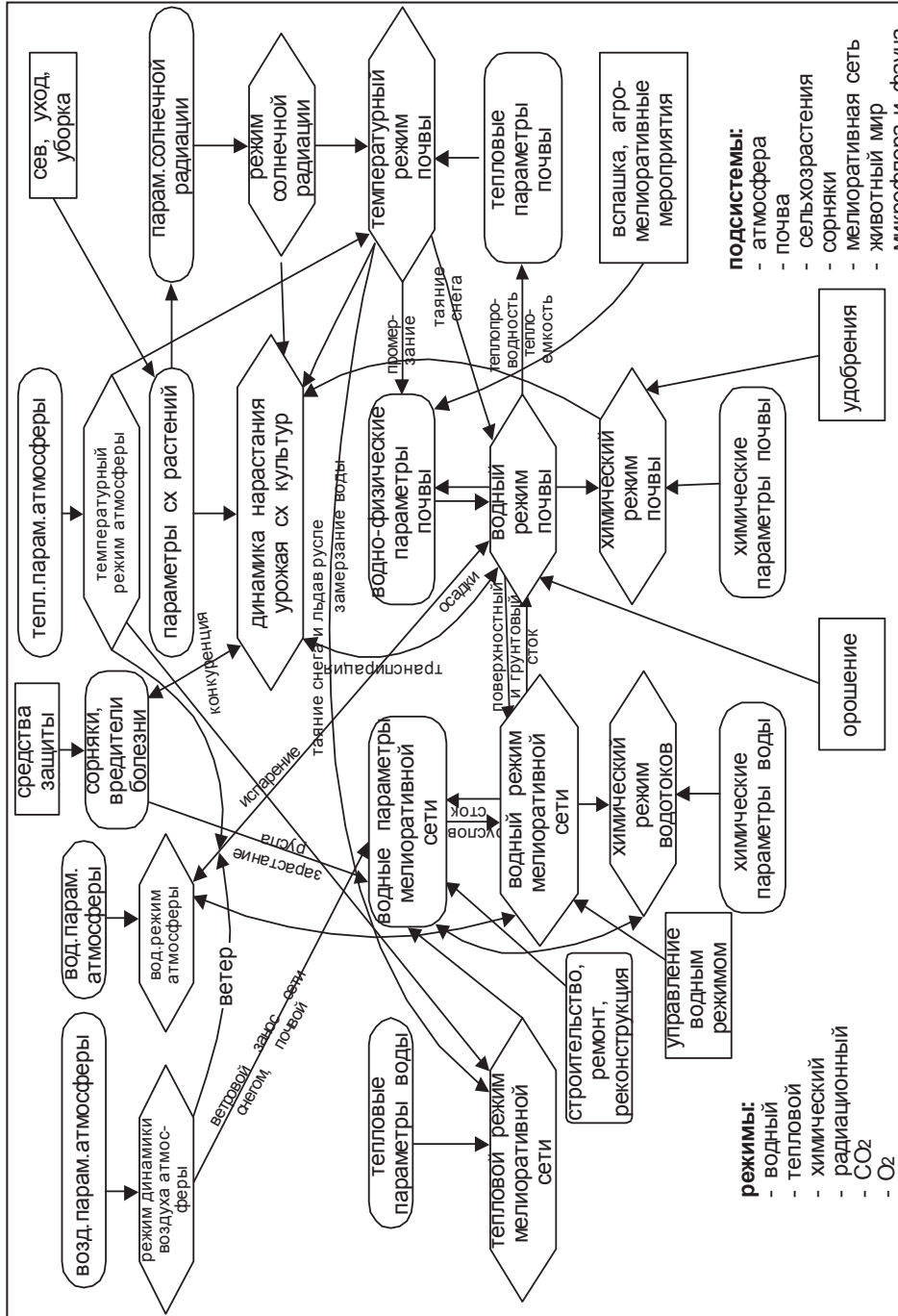
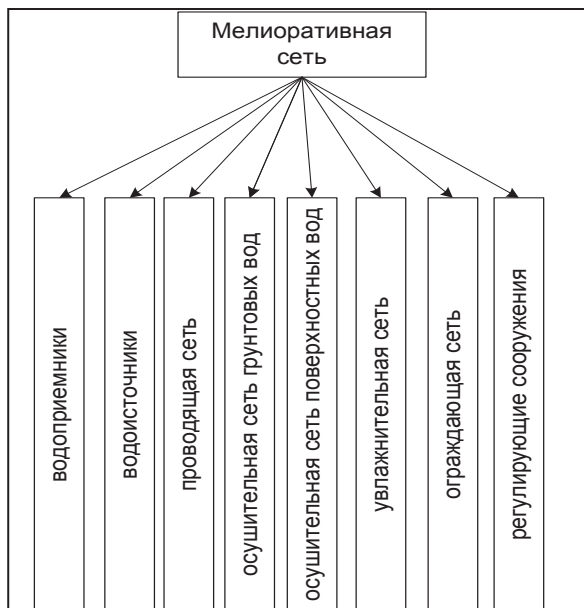
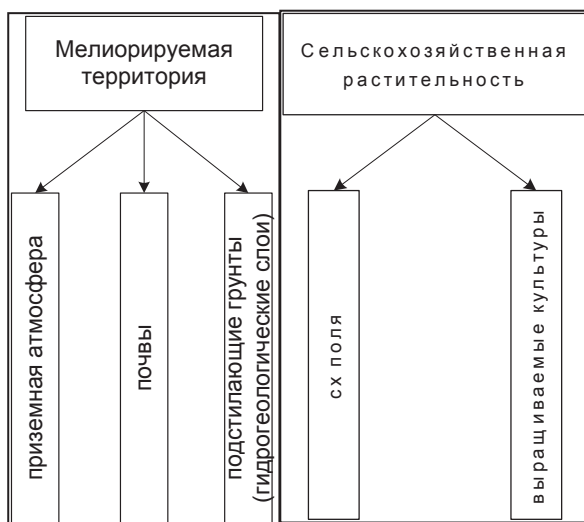


Рисунок 2 — Взаимосвязи процессов на МСХО



**Рисунок 3 — Подсистема МЕЛИОРАТИВНАЯ СЕТЬ**



**Рисунок 4 — Подсистема МЕЛИОРИРУЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ**

**Рисунок 5 — Подсистема СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ**

воды. Формирование уровней в ней определяет формирование уровней грунтовых вод (влажности почвы) и в свою очередь зависит от них. Динамика воды определяет воздушный режим почвы, а также влияет на ее химический и пищевой режимы (за счет переноса веществ в растворенном виде) и тепловой режим (за счет изменения теплоемкости почвы).

Указанные процессы, складывающиеся на реализованном варианте системы, в совокупности с влияющими на них случайными погодноклиматическими воздействиями и реализуемыми растениеводческими технологиями являются набором факторов, определяющим динамику нарастания урожая сельскохозяйственных культур и в конечном итоге экономическую эффективность растениеводства на мелиорированных землях.

В соответствии с вышеприведенной цепочкой взаимосвязей выбираемые при проектировании реконструкции параметры мелиоративной сети непосредственно определяют формирование водного режима и переменных состояния связанных с ним режимов (рис. 2).

Главная подсистема МСХО — мелиоративная сеть — в свою очередь представляется компонентами:

осушительная сеть, проводящая сеть, регулирующие устройства и т.д. (рис. 3).

Далее могут быть приняты различные уровни детализации каждой из компонент. К примеру, осушительная сеть подразделяется на открытую и закрытую. При дальнейшей детализации закрытая сеть разделяется на коллекторы и дрены, дрены — на дре-

нажные трубы и фильтровую обкладку.

Аналогичного типа иерархической структурой может быть представлена проводящая сеть и другие компоненты подсистемы мелиоративная сеть. Иерархия подсистем *мелиорируемая территория* и *сельскохозяйственная растительность* представлены на рис. 4, 5.

Подсистемы *сельскохозяйственная растительность* и *мелиорируемая территория* однозначно жестко связаны между собой на уровне сельскохозяйственного поля, т.к. поле — участок земли, занимаемый в каждом году отдельной сельскохозяйственной культурой.

Каждый объект на любом уровне иерархии представляется набором консервативных характеристик — параметров (рис. 6), и быстро изменяющихся показателей — переменных состояния, описывающих различные процессы в объекте (рис. 7).

Различные иерархические уровни могут описываться одного вида параметрами и переменными, либо, что более отвечает иерархичности системы — различными, все более генерализованными характеристиками. В частности, при хранении пообъектных показателей целесообразно их представление более агрегированными характеристиками, в сравнении с параметрами и переменными состояния процессов при рассмотрении конкретных подсистем и их элементов. При этом агрегирование характеристик (рис. 6, 7) должно осуществляться не вручную, а обеспечиваться средствами информационной системы, в том числе и для обеспечения целостности данных.

Состав и взаиморасположение компонентов и их элементов формирует структуру мелиоративной системы (рис. 8), представляющую практически неизменную во времени характеристику, хранение которой в информационной системе может осуществляться с помощью топологии.

Наряду с тем, что отдельный МСХО состоит из иерархии подсистем, он также является составной частью систем более общего уровня крупности. При этом агрегирование — отнесение самого МСХО и его подсистем к структурам все более крупного уровня общности может осуществляться по различным системообразующим принципам: административно-территориальному (мелиоративные объекты района, области, республики), природно-климатическому (мелиоративные объекты Полесья, Поозерья и т.п.), водосборному (мелиоративные объекты в иерархии: бассейн моря — водосбор реки — водосбор притока  $i$ -го порядка) и т.п. (рис. 9, 10). Однако непосредственно для мелиорации наиболее естественным является представление иерархии по мелиоративному принципу (рис. 11), в соответствии с чем должна организовываться информационная система.

Важной особенностью построения иерархии МСХО в связи с наличием не одного, а как правило нескольких системообразующих принципов, по которым осуществляется членение, является то, что получаемая иерархическая структура имеет древовидную форму, но с сетевыми пересечениями на разных иерархических уровнях. Для связи от-

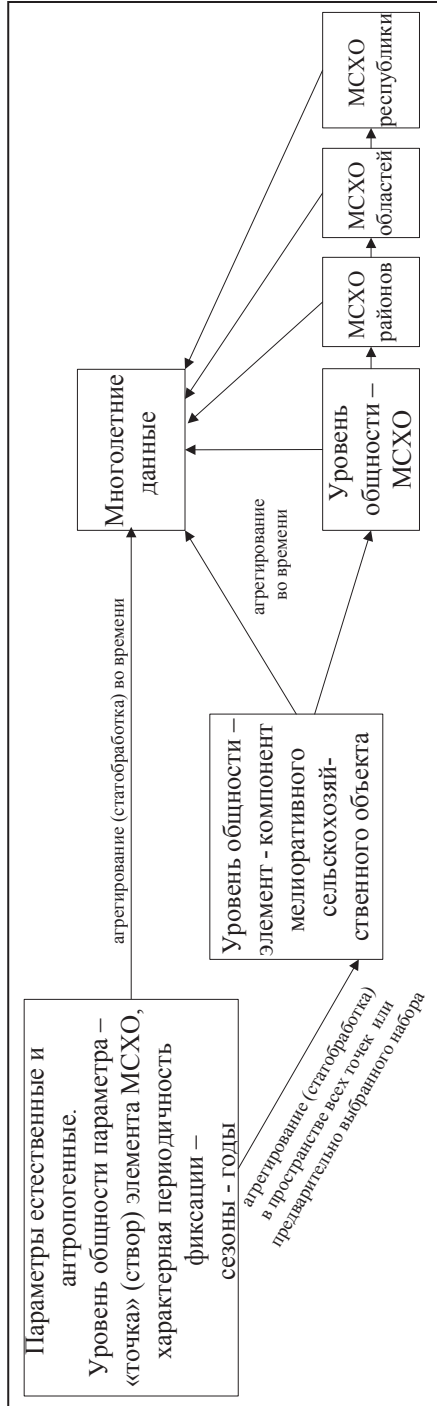


Рисунок 6 — Параметры мелиоративного объекта и процедуры обработки их значений во времени и пространстве (а) без географической привязки; б) с географической привязкой точечных объектов в информационной системе

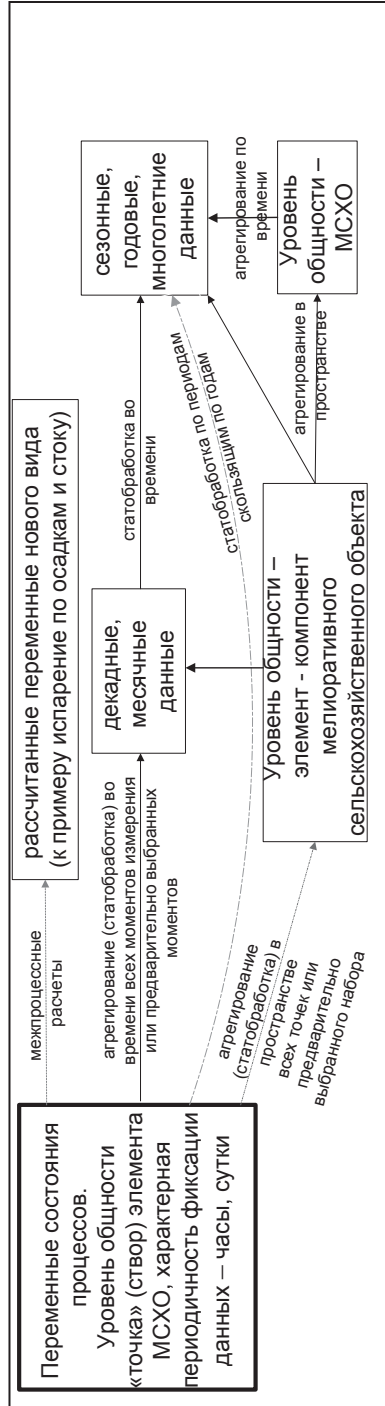


Рисунок 7 — Переменные состояния, входных и выходных процессов мелиоративного объекта и процедуры их агрегирования во времени, пространстве (а) без географической привязки; б) с географической привязкой точечных объектов, по процессам в информационной системе

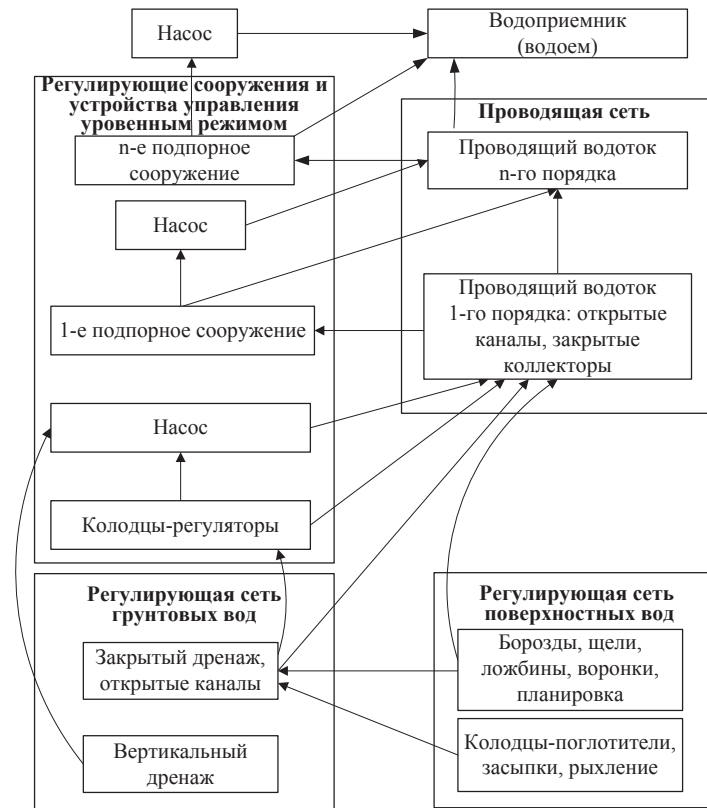


Рисунок 8 — Граф альтернатив компоновки структуры осушительной гидромелиоративной системы

дельных подсистем информационной системы в них должно иметься ключевое поле, указывающее на принадлежность к конкретной мелиоративной системе. При этом каждому из вышеперечисленных иерархических уровней общности представления МСХО должен соответствовать свой уровень агрегированности соответствующих им объектов и, соответственно, детальность, состав и объем характеризующих их атрибутивных данных в информационной системе.

Таким образом, информационная система мелиоративной отрасли (как и система еще более общего уровня — сельскохозяйственной отрасли в целом, в которую мелиорация входит составной частью) должна организовываться в виде подсистем информационного обеспечения принятия решений, соответствующих иерархии агроприродных субъектов мелиоративной деятельности. При этом информационная система должна обеспечивать автоматизированное хранение, обработку, возможность выбора и представления данных, соответствующих всей вышеприведенной иерархии многоуровневой системы представления мелиоративных объектов с возможностью автоматизированного обмена данными между отдельными подсистемами, исключая непродуктивные за-

траты на дублирование сбора одной и той же информации и ее ручного ввода различными субъектами мелиоративной деятельности.

***Анализ бизнес-процессов различных этапов жизненного цикла мелиоративных объектов и классификация субъектов их реализующих, определяющих структуру информационной системы отрасли***

Состав информации, требующейся для принятия решений при осуществлении планирования, проектирования в подсистемах МСХО, зависит от этапа жизненного цикла (рис. 12), к которому относятся рассматриваемые бизнес-процессы.

В текущей пятилетке Государственной программой «Сохранение и использование мелиорированных земель на 2011—2015 годы» предусматривается осуществление работ, соответствующих различным этапам жизненного цикла. Наибольшие средства сосредотачиваются на этапе реконструкции мелиоративных объектов (на площади 423 тыс.га). На 30,7 тыс.га будет осуществляться создание новых мелиоративных систем. Эксплуатационные работы, подразделяющиеся на уход, ремонт, управление водным режимом, будут осуществляться на площади около 3 млн. га. Их задачей следует считать поддержание мелиоративных систем в исправном состоянии для обеспечения максимального срока службы до реконструкции.

На этапе использования МСХО осуществляются бизнес-процессы растениеводства на мелиорированных землях, обеспечивающие получение дохода от вложений в мелиорацию.

В состав бизнес—процессов на всех этапах жизненного цикла входит производство работ с капиталоемкостью возрастающей в последовательности: уходные работы → ремонты → реконструкция → первоначальное строительство.

Для каждого вида мелиоративных мероприятий имеет место этап планирования, а для наиболее ответственных и капиталоемких (создание объекта, реконструкция, ремонт) осуществляется проектирование, требующие необходимой для расчетов информации.

Необходимое для оценки состояния, выбора решений информационное обеспечение формируется в результате контроля технического состояния мелиоративной сети, мониторинга мелиорированных земель, выращиваемой сельхозрастительности и окружающей среды, а также проведения изысканий под проектирование. В настоящее время постановлением Совета Министров предписывается организация госучета всех мелиоративных систем и отдельных гидротехнических сооружений [2], на основании чего может быть обеспечено отслеживание их динамики во времени посредством проведения последующих инвентаризаций.

Эффективное хранение, обработка всей этой информации, обмен данными между всеми субъектами мелиоративной деятельности должны обеспечиваться интегрированной автоматизированной информационной системой мелиоративной отрасли.

Проведенный анализ показывает, что бизнес-процессы, соответствующие различ-



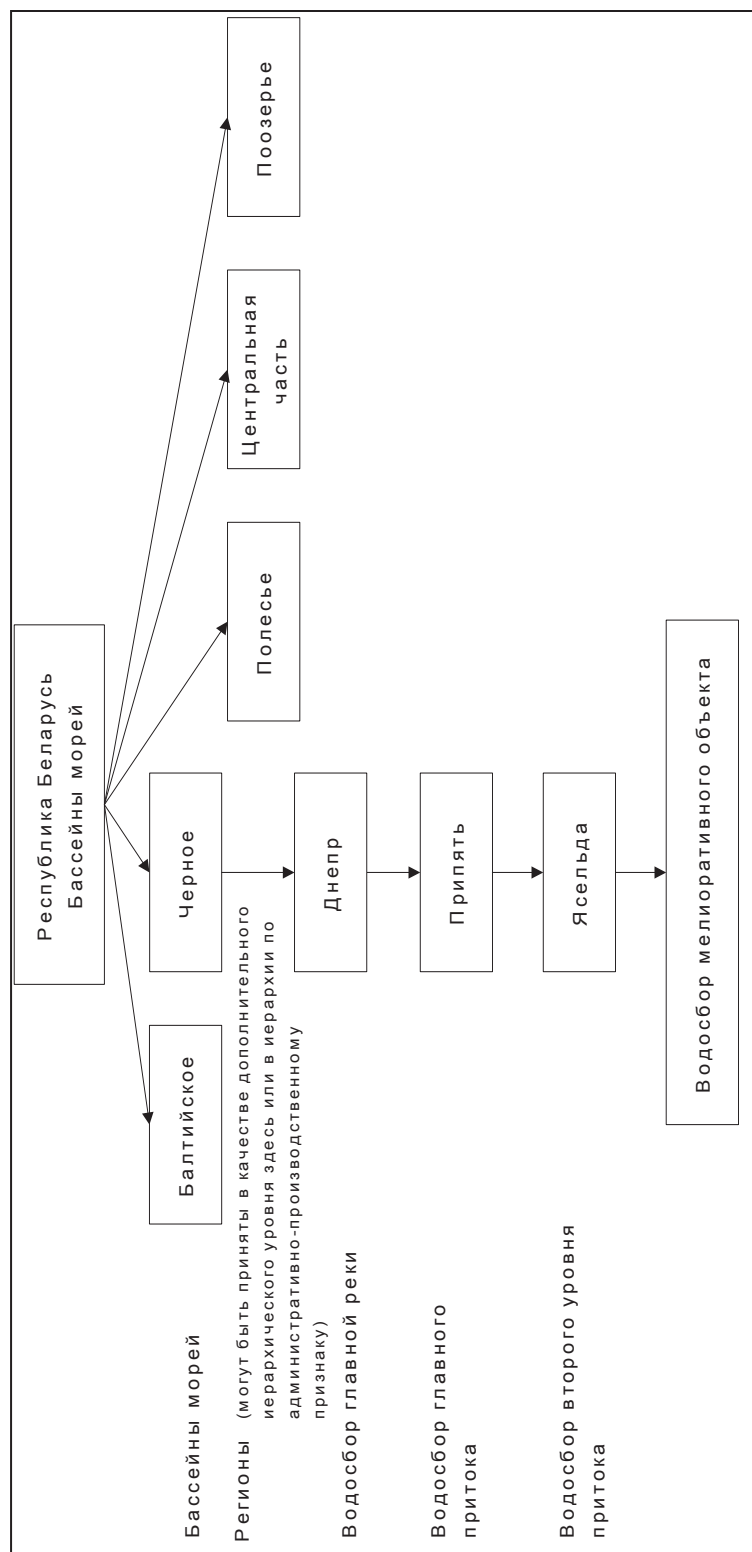


Рисунок 9 — Иерархия мелиоративных объектов по водосборному принципу

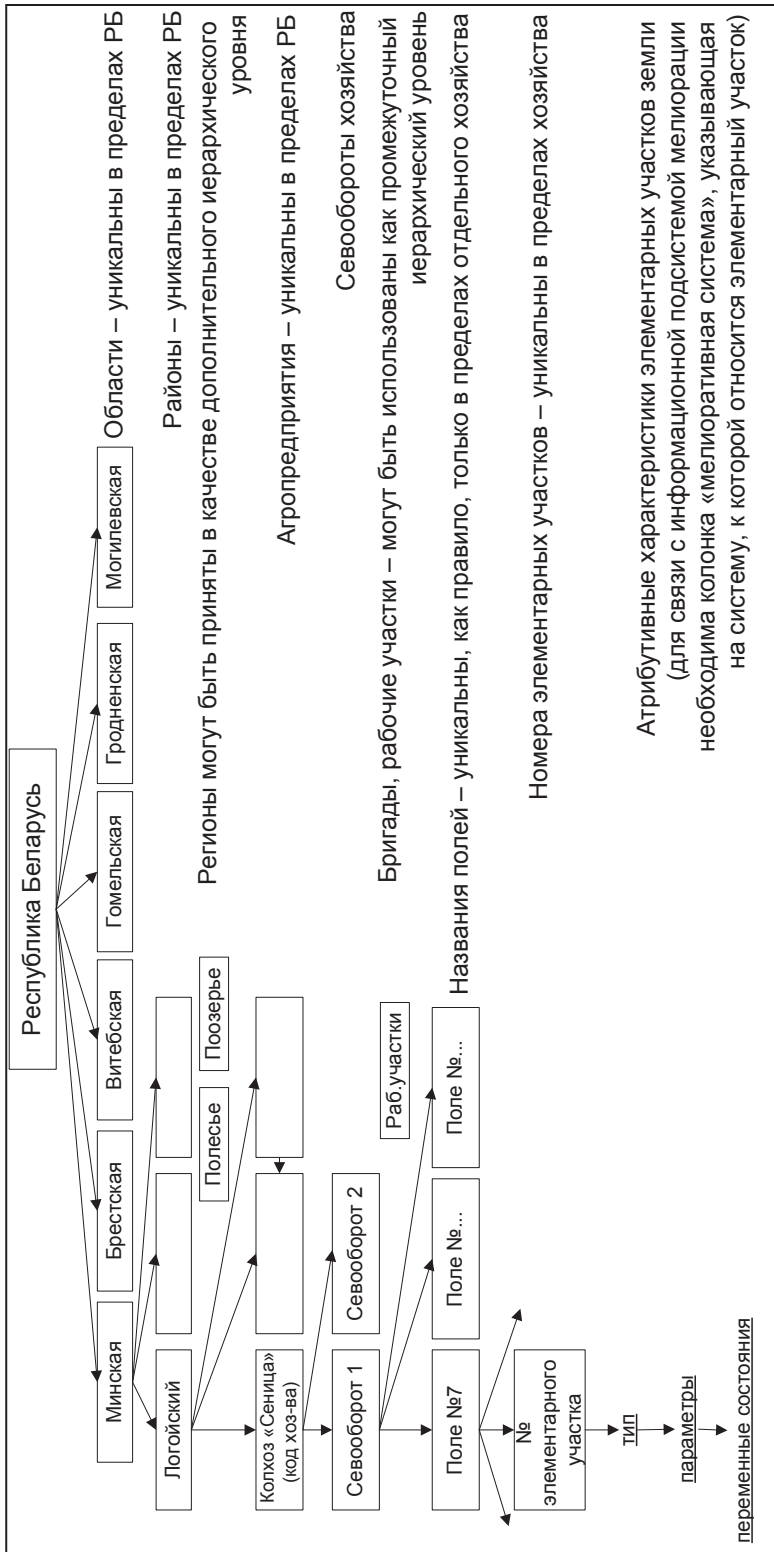


Рисунок 10 — Иерархия подсистемы «мелиорируемые земли» по административно—производственному принципу

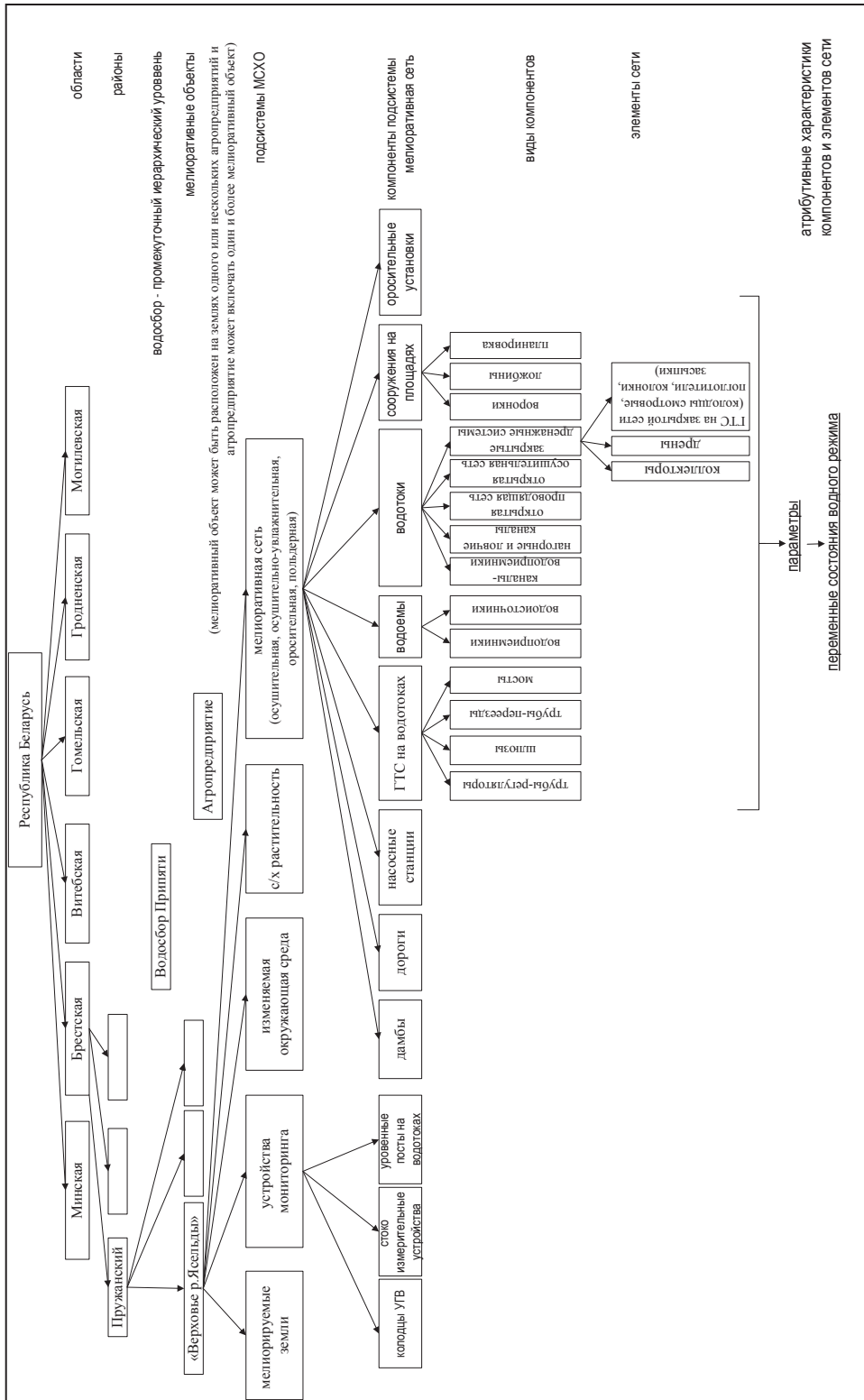


Рисунок 11 — Иерархия MSXO по мелиоративному принципу

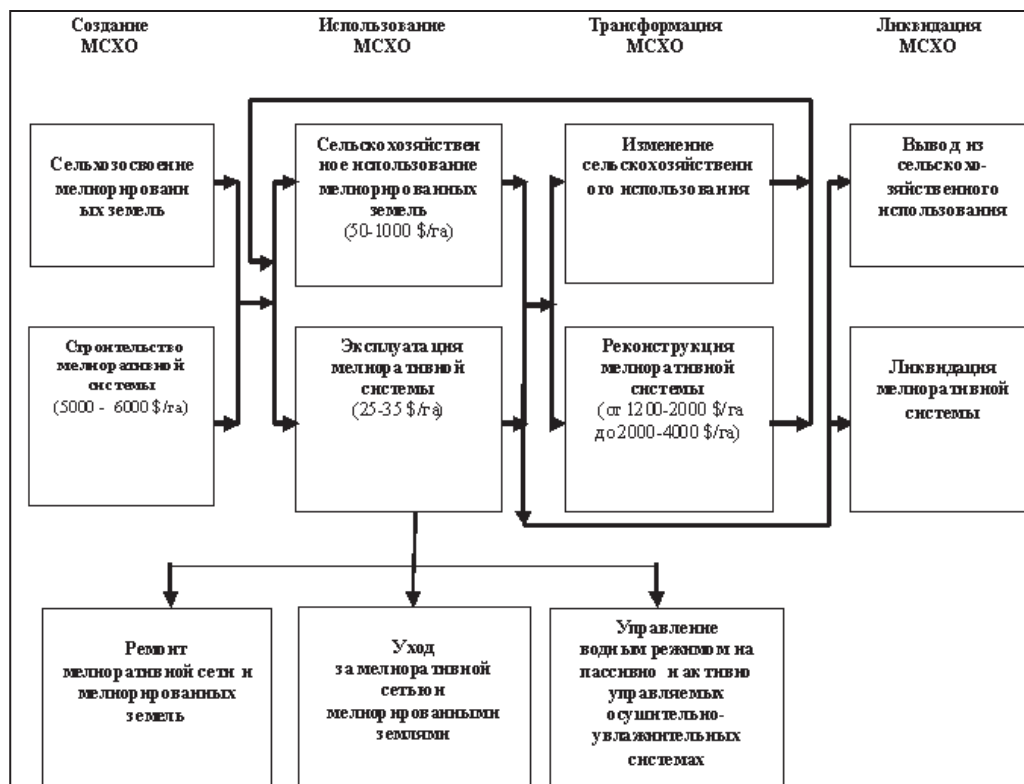


Рисунок 12 — Этапы жизненного цикла мелиоративных сельскохозяйственных объектов и соответствующие им мероприятия в составляющих МСХО подсистемах

ным этапам жизненного цикла мелиоративных объектов, имеют свои требования к составу и виду информации, необходимой для эффективного их осуществления, в соответствии с чем и должна складываться структура системы информационного обеспечения отрасли. При этом она должна учитывать распределение видов мелиоративной деятельности, и соответственно собираемой информации, по субъектам ее реализующим.

Общее планирование мелиоративной деятельности осуществляется на республиканском уровне Департаментом по мелиорации Минсельхозпрода, ГПО "Белмелиоводхоз".

На локальном уровне погодичное планирование эксплуатационных работ должно проводиться осуществляющими их (а также все другие мелиоративные работы) районными предприятиями мелиоративных систем (ПМС), которые должны осуществлять и контроль их результатов, а также всех других реализуемых ими мелиоративных мероприятий и оценку текущего состояния систем.

Проектирование мелиоративных систем при первоначальном строительстве, реконструкции и ремонтах осуществляется проектными институтами. Для информационного обеспечения проектирования проводится комплекс изыскательских работ, важнейши-

ми составляющими которых является съемка рельефа, а также почвенно-грунтовые, гидрологические, гидрогеологические изыскания.

Сельскохозяйственное использование мелиорированных земель осуществляется агропредприятиями, которые должны формировать необходимое для его планирования информационное обеспечение, часть из которого получается в интересах агропредприятий специализированными предприятиями (агротехслужба, землеустроительные органы и т. п.).

В соответствии с вышеприведенной классификацией субъектов мелиоративной деятельности должны формироваться соответствующие их задачам подсистемы единой информационной системы мелиоративной отрасли, структура которой приведена на рис. 13. При этом уровень общности информационных подсистем определяется уровнем задач, решаемых субъектами мелиоративной деятельности, для информационного обеспечения которых они реализуются.

С учетом этого степень генерализации и состав информации об одном и том же объекте, которая будет собираться и храниться в информационных подсистемах, должны выбираться соответственно их иерархическому уровню, определяемому их назначением и требованиями реально имеющихся моделей (алгоритмов) для оценки, планирования и проектирования мероприятий по объекту рассматриваемого уровня.

К примеру, по проводящей сети МСХО возможно хранение следующей информа-

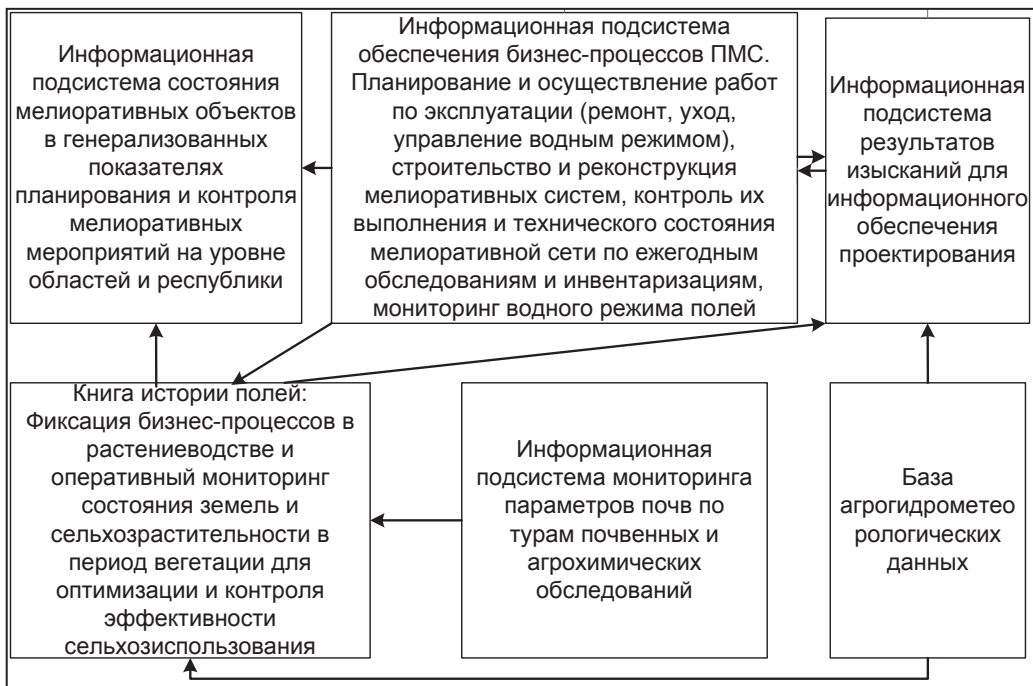


Рисунок 13 — Автономные подсистемы единой автоматизированной системы информационного обеспечения мелиоративной отрасли и информационный обмен между ними

ции в порядке возрастания детализации: общая длина (объем выемки грунта) всей сети → перечень имен каналов со средними значениями параметров (глубины, ширины), т.е. дифференцированная информация по каждому отдельному каналу → графическое представление конкретной структуры проводящей сети с представлением средних значений параметров каждого канала → то же с представлением распределенных по длине параметров → то же с географической привязкой и т.д. Именно из такой иерархии вариантов детализации информации об одном и том же объекте должен выбираться уровень генерализации, соответствующий каждому конкретному иерархическому уровню общности принятия решений: планирование объемов мелиоративных мероприятий регионального масштаба (Департамент по мелиорации, ГПО «Белмелиоводхоз», облводхозы) — контроль состояния и планирование ремонтных и уходовых работ на конкретных объектах (предприятия мелиоративных систем) — проектные расчеты параметров реконструкции (проектные институты).

Информация по оценке необходимости проведения мелиоративных мероприятий (реконструкции, ремонта, ухода) и результатов их выполнения, а также вновь сформированных проблем (зарастание ДКР, заиление и т.п.) за период между очередными инвентаризациями, обследованиями (в частности за год) должна храниться с детализацией аналогичной иерархическому уровню общности фиксации параметров систем при инвентаризации. Варианты общности категорий работ, оцениваемых при инвентаризации как подлежащие к осуществлению, имеют иерархию: обобщенное название (уходные работы, ремонт, реконструкция и т.п.) → детализация работ по видам (отдельно окашивание, очистка от заиления, ремонт конкретного сооружения и т.д.) → представление объемов работ в количественно измеримых натуральных показателях (длинах, площадях, объемах) → объемы работ в стоимостных величинах → то же с географической привязкой по пикетам и т.п.

Конкретный вид (уровень общности) каждой подсистемы информационной системы определяется необходимым уровнем детальности информации, зависящим от задач, для решения которых она создается, и уровнем детальности имеющихся моделей, которые будут использоваться при принятии решений (с сосредоточенными параметрами → с распределенными параметрами → экспертное оценивание и эвристическое принятие решений).

Очевидно, что показатели, не задействуемые при принятии решений в расчетах или эвристических экспертных оценках, для системы рассматриваемого иерархического уровня общности (не соответствующие уровню разрешающей способности экспертов: или чрезмерно укрупненные или излишне квантифицированные, что не позволяет осуществить их свертку), являются бесполезными и нет смысла нести затраты на их сбор и ввод в автоматизированную систему при составлении паспортов, инвентаризациях, изысканиях и т.п.

В связи с пространственной распределенностью и изменчивостью во времени характеристик мелиоративных сельскохозяйственных объектов организация системы их информационного обеспечения целесообразна на основе геореляционной концепции [3], включающей хранение временных рядов большой длины в реляционной базе данных, а в ГИС — пространственно распределенных данных. В частности в ГИС может быть организовано хранение информации по имеющим годичную и большую периодичность осуществления бизнес—процессам в различных подсистемах мелиорированных сельскохозяйственных объектов: книга истории полей, данные по турам обследований земель (подсистемы мелиорируемые земли и сельскохозяйственная растительность), паспортизация и кадастр технического состояния по турам инвентаризаций, обследований и т.п. (подсистема мелиоративная сеть).

#### **Литература**

1. Вахонин Н.К. Системный анализ моделирования природно—технических систем в применении к мелиоративным сельскохозяйственным объектам.// В кн.: Мелиорация переувлажненных земель: Т.ХLII, Минск, НПО БелНИИМил, 1995. — С. 45—74.
2. О некоторых вопросах эксплуатации (обслуживания) и ведения государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10.07.2009 №920.
3. Вахонин Н.К. Геореляционная организация данных результатов мониторинга водосборов для принятия решений на немелиорированных землях.// В кн.: Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации, БелНИИМил, 2001. — С. 41—50.

#### **Summary**

**Vakhonin N.**

**Conceptual principles for designing of intergrated infomation system to support decisions in reclamation branch.**

The article presents the results of systems analysis of the complex automated information system issue for reclamation branch. Principal characteristics determining its structure, including reclamation objects, life-cycle stages, characterizing their indices, are considered. On this basis the structure of information system composed of 6 subsystems with automotized data exchange among them basing on geo-relational conception is developed. The system is designed to provide dataware to support decisions on reclamation and agricultural use of reclaimed areas.

*Поступила 2 апреля 2013 г.*