

МЕЛИОРАЦИЯ

УДК 631.6: 502.7

ЦЕЛИ И КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОПРОИЗВОДСТВА В ХОЗЯЙСТВАХ С МЕЛИОРИРОВАННЫМИ ЗЕМЛЯМИ

Н.К. Вахонин, кандидат технических наук
Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

С системных позиций основную практическую задачу растениеводства можно сформулировать как проблему принятия решений – осуществления согласованного выбора комбинации альтернатив одновременно во всех подсистемах (мелиоративная сеть, почва, сельскохозяйственная растительность, изменяемая окружающая среда [1, 2]): вида и сорта выращиваемых сельскохозяйственных культур (адаптивные стратегии приспособления к имеющимся условиям) и интенсивности их выращивания (активные, являющиеся, как правило, более затратными, но дающие большую отдачу стратегии по изменению природной среды под требования растений), наилучшим образом удовлетворяющих сформулированным целям, на анализе и выборе которых остановимся ниже.

Полученный оптимальный вариант (оптимальный план в терминологии задач оптимизации) определяется выбранными целями и критериями. То есть понятие оптимальности обязательно нуждается в уточнении относительно каких целей, так как вариант, являющийся оптимальным относительно одних целей (например, вариант мелиоративной системы, обеспечивающей максимум урожая или же "оптимальный по энергетическим показателям") может быть (как правило, является) неоптимальным относительно других целей (например, относительно реальных целей: максимум дохода и минимум затрат), а иногда даже просто неприемлемым. Это имеет место при несогласованных, а тем более противоречивых используемых целях. Невнимание и необоснованный подход к выбору целей и критериев (принятие без особого анализа кажущихся правомерными целей) – одна из наиболее распространенных причин получения неэффективных решений в производственных условиях, так как при неправильных целях никакая последующая точность вычислений (правильность и точность модели оптимизации) не позволит найти действительно эффективный вариант.

Назначение правильных критериев является необходимым условием возможности выбора приемлемых решений, а достаточным является построение и использование обоснованной оптимизационной модели и наличие её адекватного информационного обеспечения. Из всех вышеупомянутых компонент складывается система принятия решений.

Рассматриваемая задача оптимизации имеет место и для автоморфных, и для мелиорированных земель. При этом для мелиорированных земель она усложняется из-

за наличия дополнительной подсистемы – «мелиоративная сеть» и, соответственно, необходимости выбора относящихся к ней альтернатив, к тому же согласованно с альтернативами в других подсистемах, что ведет к необходимости расчетов с использованием единой системы, включающей большое число уравнений.

В частности, к примеру, разным вариантам параметров мелиоративных систем (и соответственно, формирующимся условиям водного режима) соответствуют свои величины оптимальных доз удобрений, и наоборот – различным возможным дозам применяемых удобрений (интенсивности сельскохозяйственного использования) соответствуют различные оптимальные значения параметров систем при реконструкции.

Следует также отметить, что для субъектов хозяйствования любого уровня (от отдельного агропредприятия до района, области, республики в целом) при наличии и мелиорированных, и автоморфных земель рассматриваемая задача не может решаться по отдельности для каждого типа земель. Оптимизация хозяйствования на них должна осуществляться в рамках единой задачи для всех земель одновременно с рассмотрением в качестве альтернативных вариантов соотношения используемых для сельскохозяйственного производства площадей мелиорированных (необходимые объемы реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем) и автоморфных земель, а также различных уровней интенсивности-экстенсивности хозяйствования на них, включая согласованный выбор всех альтернатив управляемых факторов (вид почвы под культуру, экспозиция склона, структура, параметры, алгоритмы управления мелиоративной системы, дозы удобрений, средств защиты растений, сроки и технологии сева, уборки, число обработок и т.п.).

Эвристически ясно, что преимущество мелиорированных земель может заключаться в имеющемся во многих случаях более высоком естественном плодородии (в особенности торфяников, которых мелиорировано 800 тыс. га, а также суглинков и супесей – 1,4 млн. га), позволяющем получать урожай при меньших дозах удобрений и, соответственно, затратах на них. На осушительно-увлажнительных системах дополнительное в сравнении с автоморфными почвами увеличение урожая (дохода) может достигаться за счет обеспечения подачи воды на увлажнение в засушливые периоды. Однако одновременно на мелиоративных системах имеют место и дополнительные издержки на их эксплуатацию и реконструкцию. В связи с этим окончательный выбор вариантов реконструкции и сельскохозяйственного использования должен осуществляться согласованно на основании решения вышеописанной задачи оптимизации.

Для осуществления этого оптимизационная модель должна позволять проследить влияние различных альтернатив на достижение принятых целей, для чего должна включать зависимости, описывающие связи в цепочке: альтернативный вариант – формирующиеся соответствующие ему режимы (в том числе водный и пищевой режимы) –

складывающийся при этом урожай и влияние на внешнюю среду – значение принятых критериев. Очевидно, что используемая оптимизационная модель позволяет выбирать оптимальные значения только тех параметров, влияние которых учтено в используемых в ней зависимостях, причем точность выбора зависит от надежности этих зависимостей.

Для описания процессов динамики воды под воздействием мелиоративной сети имеются достаточно надежные зависимости. Более проблематичными являются зависимости для расчета урожая. Урожайность культур является не аддитивной функцией многих переменных с различной возможностью управления ими. Основными общеизвестными базовыми являются: тепло, влага, пищевой режим, режим фотосинтетически активной радиации (ФАР) и углекислого газа в атмосфере, технологии сева, ухода, уборки, совместное влияние которых определяет формирование вторичных факторов: популяции конкурентов и вредителей, которые в совокупности формируют урожайность культур.

Несмотря на многочисленность проводившихся различными исследователями агрономических опытов, одной из главных практических проблем создания оптимизационных моделей является отсутствие надежных зависимостей урожайности сельскохозяйственных культур от различных факторов. Главной причиной, препятствующей их получению на основе проводившихся полевых опытов, является, по нашему мнению, то, что они не были целеориентированы на решение задачи оптимизации с действительно реальными условиями многокритериальности и многофакторности. В результате этого во многих случаях опыты направлены на определение значения фактора, дающего максимум урожая, к тому же, как правило, не учитывается всегда имеющаяся (даже при осуществлении однофакторных опытов) многофакторность и не фиксируются соответствующие ей значения параметров и процессов. Еще одна сложность – необходимость осуществления многолетних повторностей опытов в связи со случайностью погодноклиматических воздействий. Все это затрудняет использование результатов опытов для получения надежных многофакторных зависимостей урожайности.

Еще более оптимизационная модель усложняется при наличии в хозяйстве животноводства, так как в этом случае она должна быть единой для растениеводческой и животноводческой подсистем для обеспечения согласованного выбора альтернатив в обеих подсистемах (более упрощенно – с включением в модель растениеводства ограничений в форме неравенств на производство необходимых объемов кормов при зафиксированной подсистеме *животноводство* [2]).

Следует также отметить, что рассматриваемая задача оптимизации имеет многоуровневый характер: включает в себя локальные задачи оптимизации для отдельных хозяйств и координирующую задачу планирования на районном, областном и республиканском уровнях. При этом следует отметить, что интересы, а соответственно, цели и критерии отдельных хозяйствующих субъектов не согласованы между собой, а также

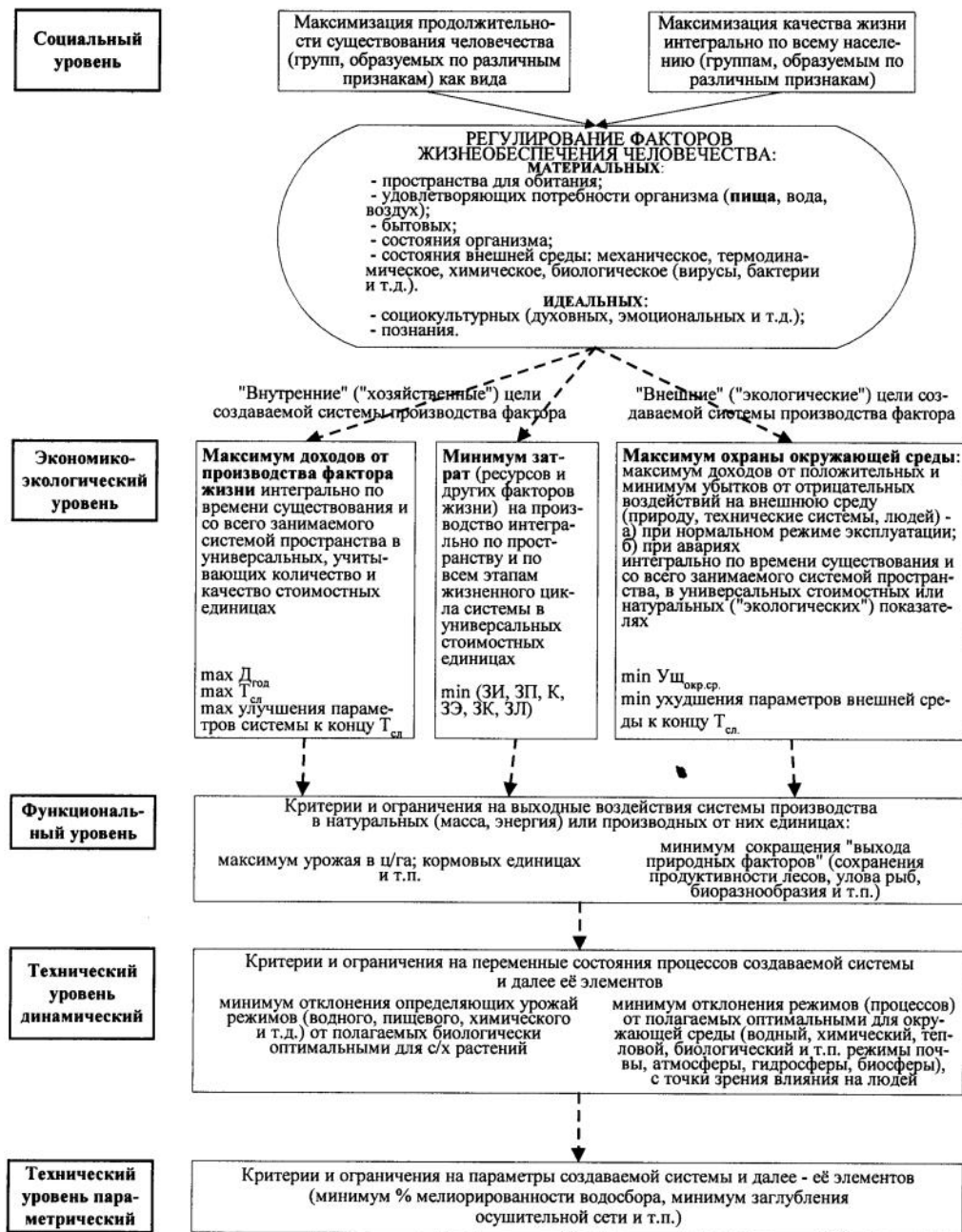
с административно-хозяйственными органами более высокого иерархического уровня (в частности, в силу того, что сельскохозяйственное предприятие является производителем, а государство – покупателем сельскохозяйственной продукции). Наилучшие решения могут быть получены при итеративном решении локальных и координирующей задач. При этом на республиканском уровне планирования сельскохозяйственного производства должна решаться двойственная задача оптимизации для расчета "оптимальных цен". Очевидно, что с ростом размерности задачи оптимизации, как за счет расширения при включении дополнительных подсистем, так и по вертикальной иерархии, необходимо использовать описание процессов во все более агрегированном виде. При этом неизбежно изменение уровня общности используемых целей и критериев в зависимости от уровня общности задачи.

Формирование целей и критериев системы является центральной проблемой системного анализа, так как при неправильно выбранных целях не могут быть верно оценены действующие системы и приняты эффективные решения по их трансформации при любой точности последующих вычислений.

Необходимо отметить, что любые варианты природно-технических систем оказывают влияние на достижение основной определяемой для них функции. Однако в связи с наличием сложных цепочек прямых и обратных связей между процессами и подсистемами, одновременно они оказывают неизбежное влияние и на внешнюю среду. Поэтому при формировании целей должен учитываться весь комплекс воздействий, в конечном итоге с точки зрения влияния на людей.

В соответствии с этим осуществлена классификация целей по иерархическим уровням общности, соответствующим различной крупности систем (проблем), начиная с глобальных целей людей, на уровне которых только и может быть охвачен весь комплекс показателей (см. рисунок). При этом выделены иерархические уровни целей социального, экономико-экологического, функционального и технического уровней общности. В связи с многообразием человеческих потребностей, уже начиная с социального уровня, имеет место многокритериальность со все возрастающей размерностью вектора целей по мере снижения их уровня общности.

Очевидно, что идеальным при оптимизации было бы во всех случаях проследить влияние выбираемых альтернатив на комплекс показателей, соответствующий социальному уровню общности целей. Однако, с одной стороны, этот уровень по ряду показателей плохо формализован и описывается не в количественных, а в качественных показателях, не позволяющих использовать методы оптимизации, оперирующие количественно измеримыми величинами, а, с другой стороны, затруднительно анализировать влияние на их достижение изменений в системах небольшого уровня крупности. В связи с этим неизбежна необходимость квантификации общих целей и получения целей



Иерархия уровней эвристической (немоделируемой) переформулировки целей

Условные обозначения: $D_{год}$ – годовой доход от системы; ЗИ – затраты на исследование системы; ЗП – затраты на проектирование системы; К – капиталовложения на создание системы; ЗЭ – затраты на эксплуатацию системы; ЗК – затраты на контроль системы; ЗЛ – затраты на ликвидацию системы; Ущ_{окр.ср.} – ущерб окружающей среде; $T_{сл}$ – срок службы системы

(деревя цели) (см. рисунок) более частного иерархического уровня общности, позволяющих проследить влияние рассматриваемых альтернатив, осуществление чего базируется на неформальных процедурах.

При этом получаемая более частная система целей должна быть по возможности наиболее представительной, непротиворечивой и избыточной по отношению к целям более высокого уровня общности, хотя потеря информативности при этом неизбежна.

Для выделяемого в качестве единой системы мелиорированного сельскохозяйственного объекта (МСХО), начиная от уровня отдельного поля до хозяйства и водосбора в целом в качестве функционально полной, избыточной и непротиворечивой системы целей, для их комплексной оценки должны использоваться как минимум цели экономико-экологического уровня общности: количественно измеримые цели – максимум доходов, минимум затрат, а также качественные – максимум охраны окружающей среды. Формирование критериев экономико-экологического уровня должно осуществляться в наиболее универсальных стоимостных показателях с учетом динамики цен.

Следует отметить, что с увеличением уровня общности решаемых проблем наряду с эколого-экономическим уровнем должны учитываться и цели социального уровня общности (к примеру, при решении общегосударственной проблемы продовольственной безопасности, стратегических решений по мелиорированным территориям в регионах их преобладания в составе всех земель сельскохозяйственного использования и т.п.). Однако необходимо их максимальное согласование с целями экономико-экологического уровня, так как в противном случае будет ухудшаться экономическое состояние, что в конечном итоге ведет к снижению возможности достижения социальных целей.

Использование более частных целей – функционального, а тем более – технического уровня не позволяет обеспечить учет взаимодействия всех выделенных подсистем МСХО: мелиоративной сети, мелиорируемой почвы, сельскохозяйственной растительности, изменяемой окружающей среды, т.е. этот уровень не обеспечивает функционально полную систему целей для систем такого уровня общности. Естественно, что от запроектированных и построенных таким образом систем нет оснований ожидать удовлетворения более общим целям (быть оптимальными по этим более общим целям).

Система целей экономико-экологического уровня сформирована с учетом важнейших присущих МСХО особенностей. Протяженный период жизненного цикла МСХО учитывается векторным критерием минимума затрат, представленным издержками, соответствующими каждому этапу жизненного цикла: затраты на исследования, затраты на проектирование, капиталовложения на создание, затраты на эксплуатацию, затраты на реконструкцию (ликвидацию) системы.

Следует отметить, что разнородность различных категорий доходов и затрат порождает множественность вариантов свертки этих критериев в частные суперкритерии

(прибыль, рентабельность, срок окупаемости и т.п.). В соответствии с годичной циклическостью сельскохозяйственного производства экономические критерии (и их свертки) могут учитываться в виде интенсивности поступления доходов и затрат за годовой период. В совокупности с критерием максимума продолжительности службы это обеспечивает максимум доходов за срок функционирования системы. Пространственная распределенность системы учитывается интегральностью критериев по всей площади объекта (с возможностью учета значимости различных частей с помощью весовых коэффициентов).

Стохастичность погодно-климатических условий и, соответственно, колебаний по годам урожайности и переменных состояния экологических показателей приводит к неопределенности целей, что порождает множество критериев, имеющих различный статистический смысл относительно одной и той же цели: максимум матожидания прибыли, минимум дисперсии прибыли по годам, максимум прибыли в наиболее неблагоприятные годы и т.д.

В связи с практической невозможностью из-за большой размерности задачи модельного прослеживания влияния вариантов систем на экологические изменения во всей цепочке по каждой составляющей живой и неживой природы, учитывая также влияние изменений на разные составляющие, разнонаправленно (изменения, благоприятные для влаголюбивой растительности, являются диаметрально противоположными для засухоустойчивой и т.п.), в конечном итоге должно оцениваться интегральное влияние изменений всего многообразия составляющих на людей, в результате чего неизбежен их упрощенный учет в виде критериев или ограничений на отражающие их переменные состояния (минимум изменения водного режима, минимум химического загрязнения воды, минимум сработки торфа, минимум влияния на погодно-климатические условия или задание нормативных ограничений на диапазоны их значений), или еще более упрощенно – на параметры систем (ограничение на предельные глубины канала, процент мелиорированности, дозы удобрений, размеры водоохраных зон и т.п.).

При этом следует отметить, что экологического императива – нормы, которая не должна нарушаться при проектировании мелиорации ни в коем случае, очевидно, не существует, и экологические ограничения, как правило, могут быть установлены только как некоторые экспертно принимаемые эмпирические обобщения.

Таким образом, на основании вышеизложенного видно, что решения по сельскохозяйственному использованию мелиорированных земель и осуществлению реконструкции мелиоративных систем в хозяйствах должны осуществляться на основе многокритериальной оптимизации – различные варианты должны оцениваться по всему вектору сформулированных критериев, соответствующих уровню общности задачи с выбором недоминируемых (Парето-оптимальных) решений.

Остановимся на мотивации поиска сформулированных выше экономически оптимальных вариантов при реконструкции мелиоративных систем в сельскохозяйствен-

ных предприятиях всеми связанными с ее осуществлением сторонами. Если мелиоративные работы оплачиваются самим хозяйством, то его заинтересованность в нахождении наиболее эффективных по соотношению *вложенные затраты – доходы* решений действует автоматически и, соответственно, такие требования оно будет предъявлять проектировщикам и строителям. Однако, если финансирование реконструкции осуществляет государство на безвозвратной основе (что можно рассматривать как дотацию агропроизводства, предназначенную для целевого использования при осуществлении одного из наиболее капиталоемких и дающих растянутую во времени отдачу мероприятий, на которые обычно у хозяйства не хватает средств), то хозяйство заинтересовано в проектных решениях любой капиталоемкости, дающих даже минимальное увеличение их дохода, несоизмеримо малое в сравнении с осуществленными затратами.

Мотивация использования хозяйством экономически эффективных решений может быть полностью достигнута при финансировании мелиорации на кредитной основе (даже беспроцентно), а частично – при предоставлении ему возможности использовать по своему усмотрению сэкономленные средства (более ограниченно – направлять их на реконструкцию дополнительных площадей).

Минимально необходимая мотивация и контроль эффективности использования средств достигается при выделении государственных инвестиций на основе конкурса бизнес-планов хозяйств-заявителей реконструкции мелиоративных объектов с последующим контролем их выполнения при обязательном выдерживании условия последующего выделения средств исключительно в случае выполнения бизнес-планов по ранее реализованным проектам реконструкции.

Следует отметить, что составление бизнес-плана по выбору первоочередных, дающих наибольшую отдачу объектов, фактически является вышесформулированной сложной задачей многовариантного планирования по критериям эколого-экономического уровня общности и для действительно обоснованного решения требует привлечения специалистов соответствующей квалификации.

Необходимо также отметить, что при осуществлении реконструкции значительного числа объектов возникнет необходимость учета их взаимодействия, т.е. согласованного (поводосборного) проектирования реконструкции межхозяйственной сети водоприемников и крупных магистральных каналов. Реконструкция таких объектов должна инициироваться группой заинтересованных хозяйств, органами сельхозуправления соответствующего территориального уровня крупности.

Экономия средств (т.е. увеличение прибыльности реконструкции) может достигаться инвестором за счет выбора проектной и строительной организаций на тендерной основе. Однако наиболее важным для экономии средств является мотивация проекти-

ровщика на выбор экономически эффективных решений. Оплата проектных работ в доле от сметной стоимости запроектированных строительно-монтажных работ ориентирует проектировщика в диаметрально противоположном направлении: имеет место заинтересованность в выборе капиталоемких решений, не только необоснованно увеличивающих затраты, но могущих даже привести к уменьшению доходов (например, из-за снижения урожаев в результате переосушения при устройстве излишне заглубленных каналов на осушительных системах).

Исключает прямую экономическую заинтересованность проектировщика в необоснованном увеличении затрат на строительно-монтажные работы принцип оплаты, основанный на учете действительных затрат на проектные работы, в зависимости от естественным образом определяющих их величину показателей:

- площади при проектировании площадных объектов – в случае реконструкции мелиоративной системы;
- длины при проектировании линейных объектов – в случае реконструкции водоприемников.

Однако такой принцип оплаты не исключает принятие конструктивных решений с излишними коэффициентами запаса на осушение, так как проектировщик отвечает за промежуточные технические показатели системы (надежность и бесперебойность осушения), а не за экономическую эффективность.

Мотивация проектировщика на выбор экономически эффективных решений, требующих осуществления более сложных расчетов и сопряженных с большей ответственностью, может быть реализована при дополнительной (премиальной) оплате, составляющей некоторую долю от снижения стоимости запроектированного объекта относительно зафиксированной базовой предельно допустимой стоимости осушения (удельной стоимости гектара реконструкции), установленной дифференцированно для различных типов систем и природно-климатических условий, достигнутого за счет выбора менее капиталоемких проектных решений при условии доказательства их технической обоснованности.

Следует, однако, отметить, что оценка экономической эффективности принятых проектных решений на основе использования императивно установленных нормативов проектирования, соответствующих критериям более низкого технического уровня иерархии, затруднительна. Экспертирование проектных решений по критерию экономической эффективности является чрезвычайно сложной задачей, так как в строгой постановке требует повторения многовариантных расчетов систем в соответствии с вышеприведенной задачей многокритериальной оптимизации.

Литература

1. Вахонин Н.К. Мелиоративное проектирование с позиций системного анализа// Прогнозы водного режима при мелиорации земель. Сб. науч. работ БелНИИМиВХ. – Мн., 1988. – С. 47-61.
2. Вахонин Н.К. Некоторые проблемы принятия решений в сельскохозяйственной мелиорации в современных условиях// Мелиорация переувлажненных земель. Тр. БелНИИМиЛ. Т. XLVI. – Мн. – 1999. – С. 31-51.

Резюме

Приведена формулировка задачи многокритериальной оптимизации агропроизводства в сельхозпредприятии во взаимосвязи вариантов реконструкции мелиоративных систем и выбора вида сельскохозяйственного использования земель, а также уровня их интенсивности с учетом наличия и мелиорированных, и автоморфных земель. Представлено древо целей и критериев различного иерархического уровня общности при оптимизации агропроизводства, и осуществлен их выбор для рассматриваемой задачи. Проанализированы принципы мотивации всех субъектов в цепочке *инвестор – заказчик – проектировщик – строитель* на поиск экономически обоснованных решений.

Ключевые слова: цели, критерии, многокритериальная оптимизация, эффективность сельскохозяйственного использования, реконструкция, мелиоративная система.

Summary

Vakhonin N. Aims and criteria for agricultural optimization in farmings with reclaimed lands

There is brought the wording of the problem of multicriterion optimization to agrarian production in agricultural enterprise in intercoupling variant to reconstructions reclaiming systems and choice of the type of the agricultural use the lands, as well as level to their intensities with provision for presence both reclaimed and automorphic lands. There is presented the tree of aims and criterion of different hierarchical level of generalities at agrarian production optimization, and is realized their choice for considered problems. There were analysed principles to motivations all subject in chain *investor – customer – designer – builder* on searching for economic motivated decisions.

Keywords: aims, criteria, multicriterion optimization, efficiency of the agricultural use, reconstruction, reclaiming system.