

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра «Природообустройства и водопользования»

Байдакова Е.В.

Управление природно-техногенными комплексами

Краткий курс лекций

для магистров очной и заочной форм обучения
по направлению подготовки:

20.04.02 Природообустройство и водопользование

Профиль подготовки: Исследование природно-техногенных систем



Брянская область
2019

УДК 504.06 (076)

ББК 20.1

Б 18

Байдакова, Е. В. Управление природно-техногенными комплексами: краткий курс лекций для магистров очной и заочной форм обучения по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование / Е. В. Байдакова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 68 с.

Даны методические рекомендации по курсу «Управление природно-техногенными комплексами краткий курс лекций для магистров очной и заочной форм обучения по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

Рецензент к.т.н., к.т.н., доцент Безик В.А.

Рекомендовано к изданию на заседании учебно-методической комиссии института энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол №6 от «04» февраля 2019 года.

© Брянский ГАУ, 2019

© Байдакова Е.В., 2019

Введение

Природно-техногенный комплекс (ПТК) - это антропогенно изменённая геосистема, которая помимо природной составляющей включает в себя техногенную подсистему, предназначенную для управления свойствами природных компонентов и процессов в целях достижения заданных социальных, экономических и, что в настоящее время является важнейшим, экологических результатов. К ним относятся инженерные мелиоративные системы, в том числе оросительные и осушительные, инженерноэкологические системы, предназначенные, например, для очистки земель от загрязнения нефтепродуктами, тяжелыми металлами и другими веществами, природоохранные и противостихийные системы, системы регулирования речного стока, водоснабжения, водоотведения, обводнения, рекультивации земель и хранения отходов.

Сложность управления природно-техногенными комплексами вытекает, во-первых, из множественности целей, которые необходимо достичь в результате его успешного функционирования. К таким целям относятся достижение оптимальной экономической эффективности, сохранение и расширенное воспроизводство природных ресурсов, сохранение окружающей природной среды, обеспечение благоприятных условий жизни населения (в том числе эстетических). Во-вторых, и техническая, и особенно природная составляющие природно-техногенного комплекса сами являются сложными, изменчивыми, многоуровневыми и часто недостаточно изученными системами, результаты внешних воздействий на которые невозможно точно прогнозировать. Наконец, третий, но может быть главный фактор сложности управления ПТК - ответственность. Цена ошибки при управлении природными компонентами в последнее время достигла предельных значений. Человек может легко уничтожить среду своего обитания даже не по злему умыслу, а в результате халатности, недомыслия или жадности. Слова нашего великого соотечественника Ивана Мичурина: «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее - наша задача», нельзя воспринимать как призыв к безудержному грабежу природных ресурсов.

Все это обуславливает необходимость изучения и внедрения в практику природообустройства научно обоснованных методов управления сложными системами, разработанных в середине прошлого века и широко внедряющихся и используемых во всем мире в наше время. Наука об управлении - кибернетика, основоположником которой был американский математик Норберт Винер, должна принести большую пользу в управлении природообустройством и природопользованием.

Лекция 1

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК БОЛЬШИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

1.1. История и основные понятия кибернетики

Впервые в современности понятие «управление» было ассоциировано с понятием «кибернетика» американским математиком Норбертом Винером (1894-1964) в книге «Кибернетика или управление и связь в животном и машине», опубликованной в 1948 г. Исторически слово «кибернетика» возникло в Древней Греции. Оно было введено в науку философом Платоном и происходит от греческого слова «kubernetes», означающее «кормчий». Поэтому руль корабля, направляемый руками человека, может служить первым символом кибернетики, то есть управления. Этот термин использовался Платоном в его «Законах» для обозначения управления людьми в качестве понятия «исследование самоуправления». Французской слово «cybernetique» практически в современном значении использовал французский физик и систематизатор науки Андре Ампером, для обозначения науки управления в его системе классификации человеческого знания в 1834 году.

Основополагающие кибернетические принципы исследовали такие инженеры древности как древнегреческие механики Ктезибий, Герон Александрийский или китайский учёный Су Сунн. Исследование механизмов в машинах с корректирующей обратной связью продолжилось в конце XVIII века, когда паровой двигатель Джеймса Уатта был оборудован управляющим устройством обратной связи - центробежным регулятором для управления скоростью двигателя. Биолог Альфред Уоллес описал обратную связь как «необходимую для принципа эволюции» в 1858 г., а Я. Икскуль применил механизм обратной связи в своей модели функционального цикла для объяснения поведения животных. В 1868 г. великий физик Джеймс Максвелл опубликовал теоретическую статью по управляющим устройствам, в которой одним из первых рассмотрел и усовершенствовал принципы саморегулирующихся устройств.

Современная кибернетика началась в 1940-х как междисциплинарная область исследования, объединяющая теории управления, электрических цепей, машиностроение, логическое моделирование, эволюционную биологию, неврологию. Системы электронного управления берут начало с работы инженера Гарольда Блэка в 1927 г. по использованию отрицательной обратной связи для управления усилителями. Кибернетические идеи также выдви-

гались биологом Людвиг фон Бергаланфи в его работах по общей теории систем. В 1935 г. российский физиолог П.К. Анохин издал книгу, в которой было изучено понятие обратной связи («обратная афферентация»).

Наконец, в 1948 г. Норберт Винер в книге «Кибернетика или управление и связь в животном и машине», разработал комплексное современное понимание кибернетики, как научной дисциплины. Он же популяризировал социальное значение кибернетики, проведя аналогии между автоматическими системами, такими как регулируемый паровой двигатель и человеческими институтами в его книге 1950 г. «Кибернетика и общество».

Основные понятия кибернетики

Кибернетика (от *κυβερνητική* - «искусство управления») - отрасль науки, занимающаяся общими закономерностями процессов управления и передачи информации в различных системах (технических, биологических, социальных). Иначе говоря, кибернетика - это наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и человеческом обществе. Кибернетика изучает то, как различные системы обрабатывают информацию, реагируют на нее и изменяются или могут быть изменены для того, чтобы лучше обрабатывать и реагировать на информацию.

Кибернетические методы применяются при исследовании случая, когда действие системы в окружающей среде вызывает некоторое изменение в окружающей среде, а это изменение проявляется на системе через обратную связь, что вызывает изменения в способе поведения системы. В исследовании этих «петель обратной связи» и заключаются методы кибернетики. Кроме этого, она включает изучение «чёрных ящиков» и таких сложных производных понятий и структур, как самоорганизация, управление и коммуникация.

Объектом кибернетики являются все управляемые системы. Системы, не поддающиеся управлению в принципе, не являются объектами изучения кибернетики. Кибернетика вводит такие понятия, как кибернетический подход и кибернетическая система. Кибернетические системы рассматриваются абстрактно, вне зависимости от их материальной природы. Примеры кибернетических систем - автоматические регуляторы в технике, компьютеры, человеческий мозг, биологические популяции, человеческое общество. Каждая такая система представляет собой множество взаимосвязанных объектов (элементов системы), способных воспринимать, запоминать и перерабатывать информацию, а также обмениваться ею. Кибернетика разрабатывает общие принципы создания систем управления и систем для автоматизации умственного труда. Основные технические средства для решения задач кибернетики – ЭВМ. Поэтому возникновение кибернетики как самостоятельной науки связано с созданием в 40-х гг.

XX века этих машин, а развитие кибернетики в теоретических и практических аспектах – с прогрессом электронной вычислительной техники.

Кибернетика является междисциплинарной наукой. Она возникла на стыке математики, логики, семиотики, физиологии, биологии, социологии. Ей присущ анализ и выявление общих принципов и подходов в процессе научного познания. Наиболее весомыми теориями, объединяемыми кибернетикой, можно назвать теории передачи сигналов, управления, автоматов, принятия решений, оптимального управления, алгоритмов и синергетику.

Кроме средств анализа, в кибернетике используются мощные инструменты для синтеза решений, предоставляемые аппаратами математического анализа, линейной алгебры, геометрии выпуклых множеств, теории вероятностей и математической статистики, а также более прикладными областями математики, такими как математическое программирование, эконометрика, информатика и прочие производные дисциплины.

1.2. Основные понятия теории управления большими кибернетическими системами

Теория управления - наука о принципах и методах управления различными системами, процессами и объектами. Основами теории управления являются кибернетика и теория информации, а суть ее заключается в следующем: на основе системного анализа составляется математическая модель объекта управления, после чего синтезируется алгоритм управления для получения желаемых характеристик протекания процесса или целей управления.

Основная трудность в точном определении понятия «управление» состоит в том, что управление применяется на различных многообразных уровнях жизнедеятельности, каждый раз с изменением своих целей и критериев. Следует различать управление государством и народным хозяйством, управление в сфере материального производства и оказания услуг, территорией, регионом, отраслью, городом, организацией, цехом и участком, человеком как биологической системой.

Все «уровни» управления можно рассматривать как системы различных рангов: А - биологические системы (живые существа, человек); Б - физические системы (машины, автоматические машины и линии, устройства); В - социально-экономические системы; Г - макроэкономические системы.

В общем случае, управление в кибернетической системе представляет собой цикл, совершаемый в контуре информационных обменов, состоящего из органа управления, каналов прямой связи и каналов обратной связи. Управляющие воздействия представляют собой информацию управления (информацию

о дальнейших надлежащих действиях объекта управления). Сведения о состоянии объекта и другие данные, поступающие от объекта органу управления, являются информацией состояния. Фактически, управление - это совокупность процесса сбора, обработки, преобразования и передачи информации для осуществления целенаправленного функционирования любой кибернетической системы, которая должна осуществлять такие процессы и включать в себя исполнителя, источник-накопитель энергии, источник и приемник сигналов, систему передачи сигналов от источника к исполнителю.

Управление присуще только системным объектам, для которых характерно понижение энтропии, то есть направленность на упорядочение системы. Сам процесс управления подразделяется на следующие этапы:

1. Сбор и обработка информации.
2. Анализ, систематизация, синтез.
3. Постановка на этой основе целей. Выбор метода управления, прогноз.
4. Внедрение выбранного метода управления.
5. Оценка эффективности выбранного метода управления (обратная связь).

Конечной целью теории управления является универсализация, а значит согласованность, оптимизация и наибольшая эффективность функционирования систем. Методы управления, рассматриваемые теорией управления техническими системами и другими объектами, базируются на трех фундаментальных принципах: принцип разомкнутого управления, принцип компенсации, принцип обратной связи.

1.3. Элементы кибернетических систем

Понятие обратной связи, можно сказать, сформировало науку о кибернетике. Необходимость в использовании обратной связи появилась, когда стали очевидны ограничения при решении различного вида нелинейных задач. Ранее подобные задачи решались только аналитическими методами, а Норберт Винер предложил особый подход, основой которого была следующая постановка эксперимента. Задача анализа нелинейной электрической цепи состоит в определении коэффициентов некоторых многочленов усреднением по параметрам входного сигнала. Для постановки эксперимента нужен чёрный ящик, изображающий ещё не проанализированную нелинейную систему. Кроме него есть белые ящики - некоторые тела известной структуры, которые изображают разные члены искомого разложения. Вводится один и тот же случайный шум в чёрный ящик и в данный белый ящик. Затем, с помощью перемножающего устройства, которое находит произведение выходов чёрного и белого ящиков и усредняющего устройства, можно не только определить один за другим коэф-

фициенты каждого белого ящика, входящего слагаемым в эквивалентное представление чёрного ящика, но и определить их все одновременно. Можно даже при помощи соответствующих схем обратной связи заставить каждый белый ящик автоматически настраиваться на уровень, соответствующий коэффициенту этого белого ящика в разложении чёрного ящика. Это позволяет нам построить сложный белый ящик, который, будучи соединён надлежащим образом с чёрным ящиком и получая тот же самый случайный входной сигнал, автоматически превратится в операционный эквивалент чёрного ящика, хотя его внутреннее строение будет нам неизвестным и совсем отличным от белого ящика.

Именно благодаря такой полезности в эксперименте, где белый ящик соединённый обратной связью с чёрным ящиком, при настройке позволяет найти информацию, заключённую в чёрном ящике позволил говорить о кибернетике как о науке. Это позволило говорить о понятии обратной связи на более точном и формальном уровне. Само же понятие обратной связи было давно известно в технике и биологии, но оно носило описательный характер. В кибернетике обратная связь позволяет выделить специальный вид систем и в зависимости от её вида классифицировать изучаемые системы.

Различают положительную обратную связь (ПОС) и отрицательную обратную связь (ООС).

Положительная обратная связь - тип обратной связи, при котором изменение выходного сигнала системы приводит к такому изменению входного сигнала, которое способствует дальнейшему отклонению выходного сигнала от первоначального значения. Положительная обратная связь ускоряет реакцию системы на изменение входного сигнала, поэтому её используют в определённых ситуациях, когда требуется быстрая реакция в ответ на изменение внешних параметров. В то же время положительная обратная связь приводит к неустойчивости и возникновению качественно новых (автоколебательных) систем, называемых генераторы (производители).

Отрицательная обратная связь (ООС) – тип обратной связи, при которой выходной сигнал передается обратно на вход для погашения части входного сигнала. Отрицательная обратная связь делает систему более устойчивой к случайному изменению параметров. Методы математического анализа систем, в том числе и охваченных отрицательной обратной связью, подробно рассматриваются теорией автоматического управления.

Одним из самых простых примеров устройства с отрицательной обратной связью может служить простейший сливной бачок. По мере наполнения сливного бачка уровень воды в нем поднимается. Это приводит к всплыванию поплавка, который блокирует поступление воды.

Экологическим примером обратной связи является следствие из закона

внутреннего динамического равновесия, которое гласит: «Любое изменение среды (вещества, энергии и так далее) неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или сформирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер». При этом, в случае реакций, направленных на нейтрализацию изменений проявляется отрицательная обратная связь, а в случае сформирования новых природных систем - положительная.

Черный ящик - объект, внутренняя структура которого неизвестна или не важна в рамках решаемой задачи, о функциях которого можно судить по его реакциям на внешнее воздействие.

Полное описание функций «черного ящика» называется его каноническим представлением. «Чёрные ящики» с одинаковыми каноническими представлениями называются эквивалентными.

В кибернетике, при описании и исследовании сложных систем применяют несколько типов «черных ящиков» (таблица 1.1).

Таблица 1 - Типы «черных ящиков»

№	Тип	Цель	Свойства	Функции
1	Фильтр	Обеспечить пропуск в систему только сигналов с заданными параметрами	Способность определять параметры поступающих на вход системы сигналов и определять степень их соответствия заданным параметрам; Закрывать доступ в систему сигналам, параметры которых не соответствуют заданным.	Допуск в систему только сигналов с заданными параметрами
2	Сепаратор	Выделить индивидуальные, присущие только данному сигналу свойства	Способность отделять несущественные признаки, свойства, от существенных присущих только данному сигналу	Определение индивидуальных признаков свойств сигналом и классификация сигналов по однородным признакам и свойствам
3	Дифференциал	разделение сигналов по признакам и распределение их в системе в соответствии с её потребностями	способность разделять сигналы по свойствам и распределять их в системе в соответствии с заданной программой	разделение и распределение сигналов в системе

4	Трансформатор	преобразование сигналов, преобразование свойств сигналов в соответствии с заданной программой	способность изменять имеющиеся свойства поступивших сигналов в заданные свойства	изменение свойств, качественных и количественных параметров сигналов в свойства с заданными количественными и качественными параметрами
5	Трансмиссия	перемещение сигналов из точки А, в заданную точку Б, то есть от одного механизма к другому	способность перемещать сигналы во времени и пространстве	перемещение сигналов с заданными параметрами, в заданное место системы, как вперед, так и назад (реверсивно)

Понятие «чёрный ящик» широко используется во многих научных дисциплинах, в первую очередь технических, при изучении или описании любых объектов, обладающих относительно устойчивым характером, без учёта развития или изменения самого объекта. Это обусловлено тем, что «чёрный ящик» является наглядной формой представления результата основного процесса человеческого мышления - абстрагирования, и использование «чёрного ящика» при описании объекта значительно облегчает понимание смысла.

1.4. Системы ГАИС и Киберсин

Возникновение и массовое внедрение ЭВМ (электронная вычислительная машина) а также введение методов кибернетики в управление предприятиями и различными отраслями во второй половине XX века привело к попыткам осуществления идеи замены государства на всеобъемлющую и обширную компьютерную систему управления, прежде всего экономикой.

Лидерство в этой разработке делили СССР (общегосударственная автоматизированная система - ОГАС) и что удивительно - Чили, где в период правления президента С. Альенде (начало 1970 гг.) с помощью левых западных интеллектуалов (Стаффорд Бир) проводилось внедрение общегосударственной автоматизированной системы Киберсин.

А.И. Китов в 1959 г. был первым, кто поставил вопрос перед высшим руководством Советского Союза и научной общественностью о необходимости управления экономикой СССР в масштабах всей страны на основе повсеместного применения электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Виктор Михайлович Глушков руководил Созданием автоматизированной

системы управления экономикой (ОГАС). К середине 1964 г. был разработан эскизный проект ОГАС. Предполагалось, что вся производственная информация прямо с предприятий, имеющих автоматизированную систему управления (АСУП), будет поступать в управляющие системы регионов (РАСУ) и далее - отраслей (ОАСУ). Сеть должна была объединить 100-200 крупных вычислительных центров в промышленных городах и экономических центрах. Оттуда обработанная информация поступала в единый общегосударственный центр. С помощью механизмов обратной связи осуществлялся контроль исполнения и постоянная корректировка управленческих решений. Таким образом, система легко работала в условиях постоянного изменения производственной среды и могла сама проводить корректировки решений в простых ситуациях. На практике это привело бы к постепенному переходу рычагов управления от бюрократического аппарата к более продвинутым «органам». Благодаря ОГАС руководители всех уровней имели бы возможность всегда получать свежие, точные и своевременные данные, а уже на основе их принимать решения. Также система упрощала управление, поэтому начальников требовалось не так много - это позволяло значительно сократить, а позже и вовсе отказаться от бюрократии.

В 1965 г. проект был отклонен - правительство Советского Союза решило, что он требует слишком много средств и можно обойтись без него, частично усилив рыночные методы управления государством.

Киберсин - проект централизованного компьютерного управления плановой экономикой, реализуемый в Чили при президенте Сальвадоре Альенде в 1970 - 1973 годах. Проект осуществлялся под руководством британского теоретика исследования операций Стаффорда Бира.

Управляющая программа созданной системы получила название Cyberstrider. Она была написана чилийскими инженерами в сотрудничестве с британскими учеными. С помощью телексов система соединила 500 предприятий в сеть Cybernet. Вся информация в реальном времени поступала в комнату управления, которая находилась в Президентском дворце «Ла Монеда» в столице Чили городе Сантьяго. В системе было предусмотрено четыре уровня контроля (фирма, отрасль, сектор экономики, глобальный уровень) и она обладала алгедонической обратной связью. Если на низшем уровне проблема не разрешалась за определённый интервал времени, то автоматически происходила её эскалация на более высокий уровень принятия решения, вплоть до глобального. В 1972 г. во время всеобщей национальной забастовки, правительство организовало снабжение столицы продовольствием с помощью Киберсина в обход 50 тысяч бастующих водителей. После путча 1973 г. центр управления Киберсина был разрушен, поскольку новое правительство сочло такой социалистический проект не нужным.

Вопросы для самоконтроля

1. История и основные понятия кибернетики.
2. Основные понятия теории управления большими кибернетическими системами.
3. Элементы кибернетических систем и их свойства.
4. Системы ГАИС и Киберсин - основные цели их создания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева. Саратов: ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.

Дополнительная

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. Природообустройство. М.: КолосС, 2008. 552 с.

2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000. 548 с.

3. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. 576 с.

4. Природно-техногенные комплексы природообустройства: метод. указ. к выполнению курсового проекта / ФГБОУ ВПО "Саратовский ГАУ"; С.А. Леонтьев, Л.Н. Чумакова, Р.В. Прокопец и др. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2012. 40 с.

5. ГИС-технологии мониторинга плодородия орошаемых земель / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева // Плодородие. 2006. № 1. С. 23-24.

6. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. ГИС- мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) // Мелиорация и водное хозяйство. 2008, № 6, С. 26-29.

7. Пронько Н.А., Корсак В.В. Современные информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 3. С. 27-29.

8. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Мозговой Д.П. Экологическая информатика: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1993. 151 с.

9. Халиков М.И. Система государственного и муниципального управления: учебное пособие. М.: Флинта, 2008. 448 с.

Лекция 2

УПРАВЛЕНИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

2.1. Условия осуществимости управления

Как уже говорилось выше, управлять можно только системными объектами, для которых характерна направленность на упорядочение их системы и понижение энтропии. Это требование является первым условием осуществимости управления.

В крайнем, предельном состоянии кибернетическая система полностью неопределенна с максимумом энтропии. В процессе функционирования системы, при потреблении ею энергии, она потребляет информацию, которая уменьшает разнообразие системы и делает ее поведение предсказуемым. Энтропия при этом уменьшается.

Поступление информации позволяет управлять кибернетическими системами. Информация уменьшает разнообразие, а это - главный метод регулирования. Наличие в каналах информационных обменов кибернетической системы помех или «шума» ведет к увеличению разнообразия, то есть энтропии, не увеличивая содержания информации. Если энтропия кибернетической системы возрастает, то система деградирует. Для противодействия деградации в кибернетическую систему за счет затрат энергии вводят дополнительную информацию, так называемую негэнтропию. Это обусловлено тем, что естественным состоянием любой системы, обладающей способностью изменять свои стохастические характеристики, является рост энтропии - потеря информации. Исходя из этого управление системой осуществимо при следующих условиях: 1) детерминированность (наличие причинно-следственных связей между компонентами) системы; 2) динамичность системы; 3) наличие управляющего параметра, воздействием на который возможно изменять направление трансформаций; 4) свойство усиления (способность системы претерпевать существенные пространственно-временные и/или энергетические трансформации под воздействием малых изменений управляющего параметра).

Кроме этого, необходимо учитывать особенности управления, связанные с тем, что системы имеют протяженность в пространстве и времени:

1) воздействие управляющего параметра и трансформация системы разнесены во времени; 2) управляющий параметр и объект управления имеют различную физическую природу; 3) в подсистемах управления производится хранение, преобразование и передача управляющей информации.

Содержание процесса управления характеризуется целью управления - го-

меостази́сом - уравни́вaniem системы с трансформирующей внешней средой, эффективным противодействием деструктивным воздействиям внешней среды для стабилизации жизненно важных параметров кибернетической системы. Эффективными считают кибернетические системы, которые для достижения одинаковых целей применяют минимальное количество информации. Все остальные системы аналогичного назначения являются информационно избыточными.

2.2. Виды управления

Основными видами управления являются стихийный и сознательный.

Под стихийным или синергетическим управлением понимается такое управление, при котором воздействия происходят в результате взаимодействия субъектов и объектов управления. Сознательное или иерархическое управление основано на планомерных воздействиях субъекта управления. При иерархическом управлении цель функционирования системы задается её надсистемой.

Основными из современных методов управления являются:

- 1) Нелинейное управление;
- 2) Теория катастроф;
- 3) Адаптивное управление;
- 4) Построение оптимальных робастных регуляторов;
- 5) Игровые методы в управлении;
- 6) Интеллектуальное управление.

Кроме этого выделяются следующие наиболее общие подходы к самой теории управления:

Процессный подход основывается на идее существования некоторых универсальных функций управления.

Системный подход сложился на базе общей теории систем: система - это некая целостность, состоящая из взаимозависимых подсистем, каждая из которых вносит свой вклад в функционирование целого.

Ситуационный подход рассматривает любую организацию как открытую систему, постоянно взаимодействующую с внешней средой, следовательно, главные причины того, что происходит внутри организации, следует искать вне её, то есть в той ситуации, в которой она реально функционирует.

Универсальный подход сложился на базе научной школы Универсологии, теории Универсального управления, теории переходных процессов, теории относительности сознания, и рассматривает любую систему в совокупности ее вертикальных и горизонтальных связей.

Субстратный подход, основанный на структурной оптимизации стратегии

и принимаемых решений посредством выявления субстратов (ключевых моментов эффективности) в значимых классах информационного контекста управленческой ситуации. Процесс построения такой структурно-субстратно-оптимальной стратегии называют структурной оптимизацией.

С точки зрения социальных наук выделяют также следующие виды управления:

Государственное управление - это целенаправленное организующее-регулирующее воздействие государства (через систему его органов и должностных лиц) на общественные процессы, отношения и деятельность людей. Это разновидность социального управления.

Государственно-административное управление - вид деятельности по управлению делами государства, в рамках которого практически реализуется исполнительная власть, ее органов и должностных лиц на всех уровнях государственно-административного устройства: федеральном, субъектов РФ, местном.

Государственное администрирование - практическая деятельность государственных органов, технологический процесс подготовки, принятия и исполнения управленческих решений в совокупности методов и средств, с помощью которых решаются задачи государства и его структур различного уровня.

Публичное управление - воздействие субъекта управления на общество (общественные процессы, отношения) в соответствии с возложенными на него общественно-значимыми функциями и полномочиями; гласное взаимодействие государственного аппарата и общества при принятии важных для страны (общества, населения) решений. Можно сказать, публичное управление - это управление обществом вместе с обществом.

Основополагающим в управлении является определение роли, места человека как объекта управления. По этому критерию различают демократический и авторитарный стили управления.

Демократическое управление предполагает делегирование полномочий, предоставления большой самостоятельности в соответствии с функциями, привлечения к принятию решений. Допускаются дискуссии, необязательна единодушная поддержка лидера.

Авторитарное управление исходит из того, что средний человек изначально избегает труда, не честолюбив, уходит от ответственности, с удовлетворением принимает руководство над собой. Поэтому для повышения эффективности труда его надо принуждать, контролировать. А это может обеспечить власть, единоначалие. При авторитарном управлении ответственность и контроль сосредоточены в основном на верхнем уровне; складывается режим личной власти, элита демонстрирует преданность лидеру, все готовы выполнять его указания.

По характеру взаимоотношений центральной власти с входящими в состав

государства административными, национальными единицами система государственного управления может быть координационной или субординационной.

Координационное управление реализуется в форме федерации или конфедерации. Федерация имеет, а конфедерация не имеет единого органа государственной власти. Члены федерации могут иметь собственные конституции, законодательные, исполнительные, судебные органы. Наряду с этим образуются единые федеральные органы государственной власти; устанавливается общее гражданство, денежная единица и т.д. при конфедерации образующие ее государство сохраняют независимость, имеют свои органы государственной власти и управления. Для координации действий в определенных целях (высшие политические, военные и т.п.) государства создают объединенные органы.

Субординационное управление базируется на жестком административном подчинении, воздействии на нижестоящих должностных лиц органов управления, принуждении к выполнению команд, поступающих из вышестоящих органов управления. Оно характерно для унитарного государства, которое в своем составе не имеет федеративных единиц, а подразделяется на административно-территориальные единицы (области, районы и др.). В унитарном государстве органы власти всех уровней действуют по единым нормативам, аппарат управления отвечает нуждам общественной системы, разделение властей практически отсутствует.

По критерию использования форм собственности и владение имуществом различают федеральное, региональное, муниципальное (местное) и частное (корпоративное) управление. Государственная собственность подразделяется на федеральную собственность и собственность субъектов Российской Федерации (региональная собственность). Свои объекты собственности имеют также органы местного самоуправления (муниципальная собственность). Для управления объектами собственности каждого уровня образуются соответствующие органы. Объектами федерального управления являются природные ресурсы, недра земли, естественные монополии, акции приватизированных предприятий и ряд других объектов. Объекты регионального и муниципального управления определяются на основе соглашений о разграничении собственности между органами власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления.

По воздействию на управляемый объект выделяются отраслевое и территориальное управление.

Отраслевое управление предполагает наличие вертикали соподчиненности от центра до предприятия. Наиболее эффективно оно реализуется в управлении через министерства, которые осуществляют единую техническую политику в отрасли, обеспечивают необходимые внутриотраслевые пропорции. Формы межотраслевого управления - корпорации, действующие на акционерной осно-

ве. Корпорация не выходит из сферы государственного управления, а служит как бы его второй ступенью.

Территориальное управление осуществляется тремя источниками власти: федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъекта РФ, местным самоуправлением. Территориальное управление обеспечивает рациональное размещение производства, углубление специализации и комплексное развитие регионов, выравнивание уровней их экономического и социального развития и решение других задач государственной региональной политики. Оно предполагает разграничение прав и ответственности между федеральными и региональными, законодательными и исполнительными органами власти.

По способу учета интересов объектов управления различают административное и экономическое управление.

Административное управление непосредственно воздействует на интересы управляемых с помощью разрешения, запрета, принуждения, применяемых независимо от их мнения. Оно является необходимым компонентом любого управления, хотя его масштабы могут быть разными. В структуре исполнительных органов с несколькими уровнями управления оно имеет самодовлеющее значение и реализуется через назначения, освобождения от работы, поощрения, наказания должностных лиц. В государственном регулировании экономики администрирование осуществляется в лицензировании деятельности, квотировании экспорта, импорта и в других случаях.

Экономическое управление воздействует на интересы объектов управления косвенно, т.е. через хозяйственное законодательство, финансовую, денежную и кредитную государственную политику. Отсутствует прямое принуждение или поощрение. Объект управления свободен в выборе варианта действий, но в случае противоречия их законодательству он возмещает ущерб государству. Например, за неуплату налогов взыскивается штраф и применяются другие санкции.

В зависимости от срока исполнения принимаемых решений управления подразделяется на оперативное, тактическое и стратегическое.

Оперативное управление призвано решать текущие или возникающие в результате нежелательных отклонений задачи. Оно ставит конкретные, количественно измеряемые ориентиры и использует ситуационный подход, при котором выбирается приемлемый вариант исходя из сложившихся условий.

Стратегическое управление определяет цели и задачи развития страны в целом или по отдельным сферам, объектам, территориям, задает направления деятельности каждому звену управления. Стратегическое управление имеет глубокое обоснование и увязывается с общим политическим курсом государ-

ства или доктриной того или иного его направления, реализует выбранный курс. Основой стратегического управления являются стратегический план, концепции развития и другие документы, отражающие постановку и методы достижения долгосрочных целей. Стратегия должна быть максимально ясной и убедительной. Она выбирается, поэтому из нескольких возможных вариантов и формируется по видам деятельности, обеспечивающим преимущества по сравнению с другими направлениями.

Тактическое управление выражается в конкретных действиях для реализации стратегических установок. Важно постоянно следить за результатами, правильно выбирать момент для корректировки действий, стимулировать гибкость, масштабность мышления, инициативность всех участвующих в тактическом управлении.

2.3. Процесс принятия решений при управлении

Принятие решения при управлении - это процесс рационального или иррационального или интуитивного выбора альтернатив, имеющий целью достижение осознаваемого результата.

Различают нормативную теорию, которая описывает рациональный процесс принятия решения и дескриптивную теорию, описывающую практику принятия решений.

Рациональный выбор альтернатив состоит из следующих этапов:

- 1) Ситуационный анализ;
- 2) Идентификация проблемы и постановка цели;
- 3) Поиск необходимой информации;
- 4) Формирование альтернатив;
- 5) Формирование критериев для оценки альтернатив;
- 6) Проведение оценки;
- 7) Выбор наилучшей альтернативы;
- 8) Внедрение (исполнение);
- 9) Разработка критериев (индикаторов) для мониторинга;
- 10) Мониторинг исполнения;
- 11) Оценка результата.

Иррациональный выбор альтернатив включает все те же составляющие, но в таком «сжатом» виде, что определить все причинно-следственные связи невозможно.

Резко усложняется процесс принятия решений в условиях неопределенности. Условиями неопределенности считается ситуация, когда результаты принимаемых решений неизвестны.

Неопределенность подразделяется на следующие виды:

- 1) Стохастическая неопределенность, когда имеется информация о распределении вероятности на множестве результатов;
- 2) Поведенческая неопределенность, при которой имеется информация о влиянии на результаты поведения участников;
- 3) Природная неопределенность - имеется информация только о возможных результатах и отсутствует о связи между решениями и результатами;
- 4) Априорная неопределенность - нет информации и о возможных результатах.

Задача обоснования решений в условиях неопределённости всех типов, кроме априорной, сводится к сужению исходного множества альтернатив на основе информации, которой располагает лицо, принимающее решение. Обоснование решений в условиях априорной неопределенности возможно построением алгоритмов адаптивного управления.

2.4. Цели управления природно-техногенными комплексами

Как уже говорилось во «Введении» основными целями управления природно-техногенными комплексами являются экономические, социальные и экологические, которые во многом взаимосвязаны и взаимообусловлены. Эти цели вытекают из определения, которое дал профессор А.И. Голованов самому понятию «природообустройство»:

Природообустройство - это особый вид деятельности, заключающийся в улучшении компонентов природы для повышения их потребительской стоимости, восстановлении нарушенных компонентов и защите их от негативных последствий природопользования.

Целью человеческой деятельности в области природообустройства является увеличение полезности геосистем, причем полезность надо понимать как полную экономическую ценность объекта, исчисляемую на основе парадигм экономики природопользования.

Парадигмой называется совокупность принципов, языков и методов научного познания, она определяется избранными принципами и основополагающими идеями исследования. Существуют три основные парадигмы экономики природопользования:

Первая парадигма основана на идее о том, что наилучшим является минимальное использование природных ресурсов.

Вторая парадигма базируется на идее оптимального использования природных ресурсов.

Третья парадигма базируется на принципе максимизации использования природных ресурсов для максимально возможного увеличения благосостояния населения.

Научное мышление, основанное на этих парадигмах и понимании того факта, что человек, вооруженный техникой и стремящийся к максимальному потреблению, стал самым опасным живым существом на планете Земля, привело к формированию нескольких новых областей исследования, соответствующих различным стадиям процесса природопользования.

Так, существует экономика природных ресурсов, изучающая проблемы эффективного использования природных ресурсов в условиях различных типов экономик и различных природно-климатических зон Земли. Эта область изучает экономику первой стадии процесса природопользования - стадии извлечения и переработки природных ресурсов.

Вторая область - экономика загрязнения (экономика удаления отходов), исследует процессы использования такого особого природного ресурса, как ассимиляционный (поглощающий) потенциал природы. Важно, какой объем загрязнения причиняет минимальный ущерб природе и с помощью каких экономических механизмов можно оптимально использовать ее поглощающий потенциал. Исследования в области экономики загрязнения имеют дело со второй стадией природопользования - удалением отходов производства.

Третья область исследования - экономика природовосстановления и природоохраны - изучает экономические особенности третьей стадии природопользования, связанной с восстановлением и охраной природных богатств.

Совокупность этих трех «новых» экономик и позволяет определить экологоэкономическую эффективность функционирования природно-техногенных комплексов и, соответственно, определить цели управления им.

Вопросы для самоконтроля

1. Условия осуществимости управления.
2. Виды управления.
3. Процесс принятия решений при управлении.
4. Цели управления природно-техногенными комплексами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева. Саратов: ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.
2. Математическое моделирование в компонентах природы (интер-

активный курс): учебно-практическое пособие / Г.Н. Камышова, В.В. Корсак, А.С. Фалькович, О.Ю. Холуденева. Саратов: Изд-во «Научная книга», 2012., 155 с.

Дополнительная

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. Природообустройство. М.: КолосС, 2008. 552 с.

2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000. 548 с.

3. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. 576 с.

4. Природно-техногенные комплексы природообустройства: метод. указ. к выполнению курсового проекта / ФГБОУ ВПО "Саратовский ГАУ"; С.А. Леонтьев, Л.Н. Чумакова, Р.В. Прокопец и др. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2012. 40 с.

5. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Мозговой Д.П. Экологическая информатика: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1993. 151 с.

6. Халиков М.И. Система государственного и муниципального управления: учебное пособие. М.: Флинта, 2008. 448 с.

Лекция 3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

3.1. Математические модели химических и физико-химических процессов в компонентах природы

Метод математического моделирования широко применяется в настоящее время в большинстве отраслей науки.

Создание и использование (моделирование - modeling и симуляция - simulation) математических моделей - это мощный метод познания внешнего мира, а также прогнозирования и управления. Анализ созданной модели позволяет проникнуть в сущность изучаемых явлений. Метод математического моделирования, сводящий исследование явлений внешнего мира к математическим задачам, занимает ведущее место среди других методов исследования, особенно в связи с появлением ЭВМ. Он позволяет проектировать новые технические средства, работающие в оптимальных режимах, для решения сложных задач науки и техники; проектировать новые явления.

Процесс изучения явления с помощью математической модели можно подразделить на 4 этапа.

Первый этап - формулирование законов, связывающих основные объекты модели. Этот этап требует широкого знания фактов, относящихся к изучаемым явлениям, и глубокого проникновения в их взаимосвязи. Эта стадия завершается записью в математических терминах сформулированных качеств, представлений о связях между объектами модели.

Второй этап - исследование математических задач, к которым приводят математическое моделирование. Основным вопросом здесь является решение прямой задачи, то есть получение в результате анализа модели выходных данных (теоретических следствий) для дальнейшего их сопоставления с результатами наблюдений изучаемых явлений. На этом этапе важную роль приобретают математический аппарат, необходимый для анализа модели, и вычислительная техника - мощное средство для получения количеств, выходной информации как результата решения сложных математических задач.

Третий этап - выяснение того, удовлетворяет ли принятая гипотетическая модель критерию практики или определение адекватности и достоверности модели. Это выяснение вопроса о том, согласуются ли результаты наблюдений с теоретическими следствиями модели в пределах точности наблюдений. Если модель была вполне определена - все параметры её были заданы, - то определение отклонений теоретических следствий от наблюдений даёт решения прямой задачи с последующей оценкой отклонений. Если отклонения выходят за пределы точности наблюдений, то модель не может быть принята. Часто при построении модели некоторые её характеристики остаются не определёнными. Задачи, в которых определяются характеристики модели (параметрические, функциональные) таким образом, чтобы выходная информация была сопоставима в пределах точности наблюдений с результатами наблюдений изучаемых явлений, называются обратными задачами.

Четвёртый этап - последующий анализ модели в связи с накоплением данных об изучаемых явлениях и модернизация модели. В процессе развития науки и техники, данные об изучаемых явлениях всё более и более уточняются, и наступает момент, когда выводы, получаемые на основании существующей математической модели, не соответствуют нашим знаниям о явлении. Тогда возникает необходимость построения новой, более совершенной модели.

Этапы разработки математической модели показаны на рисунке 3.1.

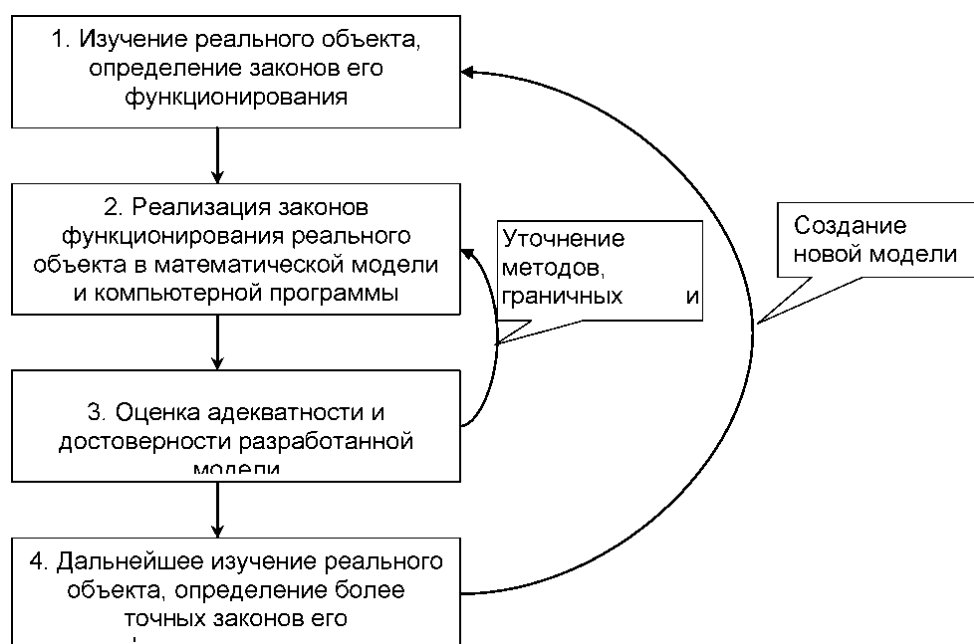


Рисунок 3.1 - Этапы разработки математической модели

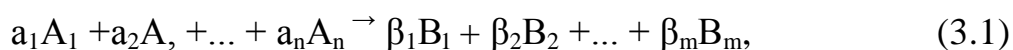
Многие ученые различают два основных вида математического моделирования: детерминантное и стохастическое. Первое из них основывается на объективных законах функционирования реального объекта, второе на выявленных в процессе изучения объекта статистических закономерностях его функционирования. Для сложных объектов может применяться и смешанный вид моделирования, когда одни параметры его моделируются детерминантно, другие стохастически. Например, моделирование влагопереноса в почвенном профиле орошаемого поля базируется на объективных законах движения почвенной влаги (то есть детерминантно), однако такой важной параметр этого моделирования как эвапотранспирация или суммарное водопотребление может моделироваться как детерминантно (методом Пенмана), так и стохастически (биоклиматический метод Алпатьевых).

Дифференциальная модель химических реакций

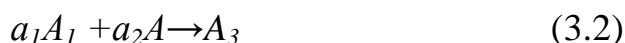
Дифференциальной моделью называют дифференциальное уравнение вместе с начальными условиями, полученное в результате исследования некоторого реального процесса. Ясно, что дифференциальные модели являются частным случаем математических моделей. Они относятся к динамическим моделям, причем в процессе

их построения большое значение имеет знание законов той области науки, с которой связана природа изучаемой задачи.

В общем случае уравнение химической реакции записывается в виде:



где A_1 - молекулы взаимодействующих веществ; β_1 - молекулы получившихся в результате реакций веществ, a_1, β_1 - коэффициенты реакции, указывающие на число молекул, принимающих участие в реакции. Порядок химической реакции равен общему числу молекул, входящих в левую часть уравнения. Например, химическая реакция второго порядка может иметь вид



Если $x_1(t)$ - концентрация вещества A_1 в момент t и реакция идет только в одну сторону, то есть обратной реакции нет, то $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в результате реакции убывают, а $x_3(t)$ - растет. Скорость этого роста называется скоростью реакции и обозначается через V^+ . Известно, что скорость химической реакции пропорциональна произведению концентраций веществ, участвующих в данный момент в реакции в соответствующих степенях a_i то есть:

$$V^+ = k^+ \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2}, \quad (3.3)$$

где k^+ - коэффициент пропорциональности, зависящий от температуры.

Зная, сколько молекул A_3 образуется в единицу времени и сколько молекул A_1 и A_2 расходуется на образование молекул A_3 получаются уравнения для скоростей x_i :

$$\begin{cases} x_1' = \alpha_1 V^+ = -\alpha_1 k^+ x_1^{a_1} x_2^{a_2} \\ x_2' = \alpha_2 V^+ = -\alpha_2 k^+ x_1^{a_1} x_2^{a_2} \\ x_3' = V^+ = k^+ x_1^{a_1} x_2^{a_2} \end{cases} \quad (3.4)$$

Из решения данной системы однородных дифференциальных уравнений определяется вектор концентраций:

$$X(t) = (x_1(t), x_2(t), x_3(t)), \quad (3.5)$$

Данная модель может далее усложняться. Так, может синтезироваться не одна, а β молекул A_3 причем вместе с прямой реакцией протекает обратная реакция со скоростью V .

Тогда схема выглядит следующим образом:



Скорость реакции в данном случае определяется как

Причем:

$$V = V^+ - V^- \quad (3.7)$$

Причем:

$$V^- = k^- x_3^\beta \quad (3.8)$$

В результате получается следующая система однородных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \chi_1' = \alpha_1(k^+ \chi_1^{\alpha_1} \chi_2^{\alpha_2} - k^- x_3^\beta), \\ \chi_2' = -\alpha_2(k^+ \chi_1^{\alpha_1} \chi_2^{\alpha_2} - k^- x_3^\beta), \\ \chi_3' = \beta(k^+ \chi_1^{\alpha_1} \chi_2^{\alpha_2} - k^- x_3^\beta), \end{cases} \quad (3.9)$$

Дальнейшее усложнение модели происходит, если идет одновременно несколько пар прямых и обратных реакций.

Пример. Два жидких химических вещества А и В объемом 10 и 20 литров соответственно в процессе химической реакции образуют новое жидкое вещество С. Считая, что температура в процессе реакции не меняется и что из каждых двух объемов вещества А и одного объема вещества В образуются три объема вещества С, определить количество вещества С в произвольный момент времени t , если за 20 мин его образуется 6 литров.

Решение. Пусть $x(t)$ — объем в литрах вещества С, образовавшегося к моменту времени t , часы. При этом в реакцию вступило $\frac{2x}{3}$ литров вещества А и $\frac{x}{3}$ литров вещества В. В результате получается уравнение:

$$\frac{dx}{dt} = k \left(10 - \frac{2x}{3}\right) \cdot \left(20 - \frac{x}{3}\right) \quad (3.10)$$

Это уравнение приводится к виду:

$$\frac{dx}{dt} = k(15 - x) \cdot (60 - x) = \frac{3k}{x} - k \quad (3.11)$$

причем $x(0) = 0$, а $x(1/3) = 6$.

В полученном уравнении проводится разделение переменных и интегрирование:

$$\frac{dx}{(15-x)(60-x)} = kdt \Rightarrow \frac{1}{45} \left(\int \frac{dx}{15-2x} - \int \frac{dx}{60-x} \right) = \int kdt \Rightarrow \frac{1}{45} \ln \left| \frac{60-x}{15-x} \right| = kt + c \quad (3.12)$$

Учитывая заданное условие $x(0) = 0$, получается:

$$c = \frac{1}{45} \ln 4 \Rightarrow \ln \left| \frac{60-x}{15-x} \right| = 45kt \Rightarrow \left| \frac{60-x}{15-x} \right| = 4e^{45kt} \quad (3.13)$$

Если учесть, что $x(1/3) = 6$, получается следующее выражение:

$$\frac{60-6}{15-6} = 4e^{15kt} \Rightarrow e^{15kt} = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{60-x}{15-x} = 4\left(\frac{3}{2}\right)^{3t} \Rightarrow x = \frac{60\left(1 - \left(\frac{3}{2}\right)^{3t}\right)}{1 - 4\left(\frac{3}{2}\right)^{3t}} \quad (3.14)$$

Полученное уравнение и является математической моделью химической реакции образования вещества.

Моделирование физико-химических процессов в почвенном поглощающем комплексе

Ионообменные свойства почвы связаны с процессом эквивалентного обмена находящихся в почвенном поглощающем комплексе катионов и анионов взаимодействующего с твердыми фазами почвы раствора. Основная часть обменных анионов находится в почвах на поверхности гидроксидов железа и алюминия, которые в условиях кислой реакции имеют положительный заряд. В обменной форме в почве могут присутствовать анионы Cl^- , NO_3^- , SeO_4^- , MoO_4^{2-} , H_2PO_4^- . Обменные фосфат-, и арсенат- и сульфат-ионы могут содержаться в почвах в небольших количествах, так как эти анионы прочно поглощаются некоторыми компонентами твердых фаз почвы и не вытесняются в раствор при воздействии других анионов. Поглощение анионов почвами в неблагоприятных условиях может приводить к накоплению ряда токсичных веществ. Обменные катионы находятся на обменных позициях глинистых минералов и органического вещества, их состав зависит от типа почв. В тундровых, подзолистых, бурых лесных почвах, красноземах и желтоземах среди этих катионов преобладают ионы Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ и H^+ . В черноземах, каштановых почвах и сероземах обменные процессы представлены преимущественно ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} , а в засоленных почвах - также ионами Na^+ . Во всех почвах среди обменных катионов всегда есть небольшое количество ионов K^+ . Некоторые тяжелые металлы (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} и другие) могут присутствовать в почвах в качестве обменных катионов.

Моделирование физико-химических процессов катионного обмена в почвен-

ном поглощающем комплексе является важнейшей задачей для российской мелиоративной науки и практики. Эти процессы оказывают большое влияние на мелиоративное состояние поливных земель страны и, в случае, нерационального ведения орошаемого земледелия приводят к осолоцеванию почв. Изменяют они и процессы миграции солей в почвенном профиле или солеперенос. Для моделирования процессов солепереноса с учетом катионного обмена в России широко применяется модель Шульгина Д.Ф., Клычкова В.Е. и Айдарова И.П.

Ее основу составляют следующие зависимости:

$$m_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial X^2} - v \frac{\partial C_i}{\partial X} - \frac{\partial N_i}{\partial t} \quad (3.15)$$

где C_i и N_i - концентрация ионов в почвенном растворе и ППК соответственно при $i = 1, 2, 3$ (1 - ион натрия, 2 - кальция, 3 - магния) в миллиграмм-эквивалентах; m_i - эффективные пористости грунтов по отношению к ионам Na, Ca, Mg соответственно; v - скорость фильтрации, м/сут.

$$\frac{N_1}{\sqrt{N_2}} = K_{12} \cdot \frac{C_1}{\sqrt{C_2}}; \quad \frac{N_1}{\sqrt{N_3}} = K_{13} \cdot \frac{C_1}{\sqrt{C_3}}; \quad (3.16)$$

$$N_1(X, t) + N_2(X, t) + N_3(X, t) = N_{\Sigma}(X) \quad (3.17)$$

где $N_{\Sigma}(X)$ - суммарное содержание ионов Na, Ca и Mg в ППК, которое считается неизменным с течением времени, мг-экв/дм³.

$$T = 0; \quad C_i(z, 0) = C_{i0}(z)$$

$$X=0; \quad v[C_i(0, t) - C_{ni}] = D_i \frac{\partial C_i(0, t)}{\partial X} \quad (3.18)$$

$$X=l; \quad \frac{\partial C_i}{\partial X} = 0$$

где l - длина расчетного слоя, м; $D_i = D_{\mu i} + \lambda_i v$ - коэффициент фильтрационной диффузии; $D_{\mu i}$ - коэффициент молекулярной диффузии; λ_i - параметр дисперсии.

Алгоритм расчета солепереноса построен для двух случаев: конвективной диффузии в гидродинамически нейтральной пористой среде

$\left(\frac{\partial N_i}{\partial t} = 0\right)$, а также катионного обмена между почвенным раствором и поч-

венным поглощающим комплексом. В первом случае удовлетворительно описывается передвижение солей с поровыми растворами для песчаных и супесчаных почв при емкости ППК не более 10 мг-экв на 100 г почвы. После соответствующих преобразований конечно-разностного аналога уравнения конвективной диффузии и упрощений, следующих из принятой схематизации движения влаги и солей в зоне аэрации были получены следующие расчетные зависимости:

Для расчетного слоя почвы:

$$\begin{aligned} C_1^{t+1} + \frac{1}{W^{t+1}} \cdot (N_1^{t+1}(\rho) - N_1^t(\rho)) &= A_1(p) \\ C_2^{t+1} + \frac{1}{W^{t+1}} \cdot (N_2^{t+1}(\rho) - N_2^t(\rho)) &= A_2(p) \\ C_3^{t+1} + \frac{1}{W^{t+1}} \cdot (N_3^{t+1}(\rho) - N_3^t(\rho)) &= A_3(p) \end{aligned} \quad (3.19)$$

Для зоны активного водообмена:

$$C_a^{t+1} = \frac{C_a^m \cdot S_{\mu t} - 10^{-4} \cdot G^t \cdot G_{\partial}^t \cdot \Delta t - (y_t - y_m) \cdot W_t \cdot C_{\partial}^t}{S_{\mu t+1}} - \frac{\Delta t}{S_{\mu t+1}} \cdot \left(D_1^* \cdot \frac{C_a^t - C_{\rho}^t}{y_t - 2h} - D_1^* \cdot \frac{C_{\rho}^t - C_a^t}{z - h} \right) \quad (3.20)$$

Для грунтовых вод

$$C_r^{t+1} = C_r^t \cdot \frac{z - y_t}{z - y_{t+1}} + C_{\partial}^t \cdot \frac{y_t - y_{t+1}}{z - y_{t+1}} - \frac{\Delta t}{(z - y_{t+1}) \cdot W_1} \cdot \left[D_3^* \cdot \frac{C_r^t - C_0}{2S} + D_2^* \cdot \frac{c - C_a^t}{z - H_{\rho}} + (D_{\rho}^t \cdot C_{\rho}^t - \Phi_{\kappa} \cdot C_0 + f_{kp} \cdot C_r^t) \cdot 10^{-4} \right] \quad (3.21)$$

В этих зависимостях $S_{\mu t}$ и $S_{\mu t+1}$ - запасы влаги в зоне активного водообмена на моменты времени t и $t+1$ соответственно.

В случае задачи обменной абсорбции для одно- и двухвалентных катионов с учетом соответствующего конечно-разностного аналога для расчетного слоя была получена следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} C_1^{t+1} + \frac{1}{W^{t+1}} \cdot (N_1^{t+1}(\rho) - N_1^t(\rho)) &= A_1(p) \\ C_2^{t+1} + \frac{1}{W^{t+1}} \cdot (N_2^{t+1}(\rho) - N_2^t(\rho)) &= A_2(p) \\ C_3^{t+1} + \frac{1}{W^{t+1}} \cdot (N_3^{t+1}(\rho) - N_3^t(\rho)) &= A_3(p) \end{aligned} \quad (3.22)$$

Эти уравнения дополняются уравнениями связи между ионами, в результа-

те чего на каждом шаге по времени решается система из 6 уравнений с 6 неизвестными C_1^{t+1} и $N_1^{t+1}(\rho)$.

Для решения этой системы уравнений используется метод последовательного исключения неизвестных, что позволило свести решение к одному уравнению с одним неизвестным, для поиска корня которого применяется метод половинного деления (дихотомии).

3.2. Модели управления

Понятие «модель управления» позволяет раскрыть основные системы управления. По сути, модель управления - это копия реального объекта (системы управления), обладающая его реальными характеристиками и способная имитировать, воспроизводить его действия, его функционирование. Любой руководитель стоит перед проблемой выбора по самому животрепещущему вопросу: как управлять вверенным ему объектом, какой арсенал управленческих стратегий, рычагов и технологий использовать. Модель управления позволяет сделать это.

Управление обеспечивает в определенных целях непрерывное воздействие на социально-экономические процессы. Таким образом, управление есть процесс, а система управления — механизм, который обеспечивает эффективность этого процесса. Отсюда под моделью управления понимается теоретически выстроенная совокупность представлений о том, как выглядит система управления, как она воздействует на объект управления, как адаптируется к изменениям во внешней среде, чтобы управляемая организация могла добиваться поставленных целей, устойчиво развиваться и обеспечивать свою жизнеспособность. Она включает в себя базовые принципы менеджмента, стратегическое видение, целевые установки и задачи, совместно вырабатываемые ценности, структуру и порядок взаимодействия ее элементов, организационную культуру, аналитический мониторинг и контроль за ситуацией, движущие силы развития и мотивационную политику.

Модель, которая руководителю или управленческой команде представляется идеальной или наиболее подходящей можно:

во-первых, взять уже готовой, имея в виду, что мировой опыт практического менеджмента дал немало количество моделей, которые в свое время и при определенных условиях дали положительный результат;

во-вторых, сконструировать модель по «методу сборки» из готовых деталей и блоков, которыми будут являться наиболее эффективно работающие элементы различных моделей управления;

в-третьих, выбрать базовую модель управления, которая в максимальной

мере отвечает предъявляемым требованиям, исключить из нее нежелательные, разработать и встроить в нее новые элементы, которые отвечают специфическим особенностям управляемого объекта и условиям его функционирования;

в-четвертых, создать и запустить принципиально новую модель, опирающуюся на совершенно новую парадигму, способную уловить едва наметившиеся изменения во внешней среде, которым суждено стать доминантными в будущем.

Модель Жизнеспособной Системы

Одной из наиболее известных моделей управления является VSM - модель жизнеспособной системы, которая является моделью организационной структуры любого жизнеспособного организма или автономной системы. При этом под жизнеспособной системой понимается любая система, организованная таким образом, чтобы удовлетворять требованиям выживания в изменяющихся условиях. Одна из основных особенностей ее заключается в том, что она может адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды.

Эта модель была предложена теоретиком исследования операций и кибернетиком Стаффордом Биром в 1972 г. в его книге «Мозг фирмы».

Она предлагает рассматривать жизнеспособные системы как рекурсивные; одни жизнеспособные системы содержат в себе другие жизнеспособные системы, которые можно моделировать с помощью идентичных кибернетических описаний как вышестоящие, так и нижестоящие по уровню системы в иерархии контейнеров. Бир называет это свойство жизнеспособных систем кибернетическим изоморфизмом.

Предложенная Биром структура жизнеспособной системы состоит из пяти взаимодействующих подсистем, которые могут быть отображены как аспекты организационной структуры. В широком смысле первые три подсистемы (Система 1, Система 2, Система 3) касаются оперативной деятельности организации («здесь и сейчас»), четвертая подсистема (Система 4) связана с «там и тогда» - стратегическим ответом на воздействие внешних, экологических и будущих вызовов окружающей среды. Пятая подсистема (Система 5) отвечает за равновесие между целями тактическими («здесь и сейчас») и стратегическими («там и тогда»), чтобы сформировать директивные указания, которые обеспечат жизнеспособность организации.

Система 1 в модели жизнеспособной системы обеспечивает несколько основных видов деятельности. При этом каждая Система 1 сама является жизнеспособной системой в соответствии с рекурсивным характером системы. Система 2 обеспечивает информационные каналы и органы, которые позволяют

Системам 1 общаться между собой и с Системой 3 для контроля и координации деятельности Систем 1. Система 3 представляет структуры управления, которые организованы с целью установить правила, ресурсное обеспечения, права и обязанности Систем 1, а также для обеспечения взаимодействия с системами 4 и 5. Органы, входящие в Систему 4 осуществляют мониторинг окружающей среды, с целью контролировать, каким образом организация должна адаптироваться, чтобы оставаться жизнеспособной. Система 5 отвечает за политические решения в рамках организации в целом, чтобы сбалансировать потребности и запросы различных частей организации и управлять организацией в целом.

В дополнение к подсистемам, которые составляют первый уровень рекурсии, в модели представлена внешняя среда.

В основу модели положена архитектура мозга и нервной системы. Системы 1, 2 и 3 являются аналогами вегетативной нервной системы. Система 4 воплощает в себе познание и общение. Система 5 - высшие функции мозга, включающие самоанализ и принятие решений.

Вопросы для самоконтроля

1. Понятие и виды математического моделирования.
2. Этапы математического моделирования.
3. Модели управления.
4. Модель жизнеспособной системы.
5. Моделирование физико-химических процессов в почвенном поглощающем комплексе.
6. Дифференциальная модель химических реакций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Камышова Г.Н., Корсак В.В., Фалькович А.С., Холуденева О.Ю. Математическое моделирование в компонентах природы (интерактивный курс) // Учебно-практическое пособие.- Саратов: ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, ISBN 978-5-7011-0627-5, изд-во «Научная книга», 2012 г., 155 с.

Дополнительная

1. Голованов, А.И. Природообустройство / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов.- М.: Колос С, 2008. - 552 с.

2. Мирошник, И.В. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами / И.В. Мирошник, В.О. Никифоров, А.Л. Фрадков - СПб.: Наука, 2000. - 548 с.

3. Орлов, А.И. Теория принятия решений / А.И. Орлов. - М.: Экзамен, 2006.- 576 с.

4. Розенберг, Г.С. Экологическая информатика: Учебн. пособие / Г.С. Розенберг, В.К. Шитиков, Д.П. Мозговой - Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1993. - 151 с.

5. Халиков, М.И. Система государственного и муниципального управления: учебное пособие. / М.И. Халиков. М.: Флинта, 2008. - 448 с.

Лекция 4

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ

4.1. Методы оптимизации

Структура процедур решения многоцелевых оптимизационных задач представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Методы многоцелевой оптимизации

По методу использования информации	По характеру использованной информации	По методу принятия решения	
		Скалярная постановка	Векторная постановка (выделение Парето - оптимальной области)
Априорные	Детерминированные	Метод главной компоненты	Графоаналитический метод
Апостериорные	Вероятностные	Метод на основе функции Харрингтона	ЛПit - поиск
Адаптивные (на основе методов теории чувствительности)		Метод справедливого компромисса	
		Метод Гермейера	
		Метод комплексного критерия	
		Метод условного центра масс	
		Метод уступок	
		Метод идеальной точки	

Например, в процедурах априорного типа делается явное или неявное предположение, что вся информация, позволяющая определить наилучшее решение, скрыта в формальной модели задачи. Следовательно, считается, что множества альтернатив U и множества целевых функций $W_1(u), W_2(u), \dots$

вполне достаточно для объективного, не зависящего от отсутствующих в модели факторов, определения оптимального решения. Метод главной компоненты заключается в том, что критерий качества связывается с одним из показателей, выбранным в роли главного. На остальные показатели накладываются ограничения. В этом случае по главному показателю реализуется критерий оптимальности, по остальным - пригодности. Например, если имеется вектор полезного эффекта в виде:

$$W_{\langle k \rangle} = \langle k \rangle = \langle W_1, W_2 \dots W_k \rangle, \quad (4.1)$$

где $W_i (i=1, 2 \dots k)$ - компоненты вектора, например, для оросительной системы: продуктивность, доходность, экологичность, надежность, себестоимость и т.д., то метод главной компоненты заключается в произвольном выборе одного из компонентов в качестве главного, по которому производится оптимизация и выбирается решение. При этом остальные компоненты переводятся в разряд ограничений.

Этот метод прост, нагляден и часто применяется в практике, однако принципиальным его недостатком является произвольный выбор главного критерия.

Есть много примеров из истории науки и техники, когда неверный выбор такого критерия приводит к трагическим последствиям или к малоэффективным результатам.

При оптимизации программ рубок ухода леса в качестве главного показателя выбирают обычно их себестоимость или объем лесопользования; при оптимизации металлоконструкций лесных машин - металлоемкость, для технологических задач лесного производства - производительность.

Для задач с неравнозначными критериями применяется другой метод решения - метод уступок. Алгоритм в этом случае следующий:

1. Расположить критерии по их значимости (наиболее важный считается первым);
2. Отыскать оптимальное значение W_1^* целевой функции W_1 ;
3. Сделать уступку по первому показателю эффективности, т.е. ухудшить величину W_1^* до значения $W_1^{**} = k_1 W_1^*$;
4. Ввести в задачу дополнительное ограничение $W_1^3 W_1^{**}$;
5. Отыскать оптимальное значение W_2^* целевой функции W_2 ;
6. Сделать уступку по второму показателю эффективности, т.е. ухудшить величину W_2^* до значения $W_2^{**} = k_2 W_2^*$;
7. Ввести в задачу дополнительное ограничение $W_2^3 W_2^{**}$;
8. Новую задачу с двумя дополнительными ограничениями решить по третьему показателю эффективности и т.д.;

9. Процесс решения задачи заканчивается, когда решение будет получено по всем показателям. Окончательный план и будет наиболее рациональным - получено оптимальное значение наименее важного критерия при условии гарантированных значений предшествующих показателей эффективности.

В основе апостериорных процедур лежит предположение, что формальная модель многоцелевой задачи не содержит информации, достаточной для однозначного выбора наилучшей альтернативы. Следовательно, решения, принимаемые с помощью апостериорных процедур, имеют принципиально субъективный характер, что предопределяет необходимость привлечения субъективных суждений. Учет предпочтений в этом случае является одним из наиболее эффективных методов снятия имеющейся неопределенности.

Апостериорные процедуры принятия решений заключаются в формулировке дополнительных требований, накладываемых на предпочтения проектанта, выполнение которых позволяет однозначно восстановить некоторую скалярную функцию полезности $P(u)$, после чего задача принятия решений сводится к скалярной оптимизации.

Типичная структура апостериорной процедуры решения многокритериальных задач такова. Сначала выполняется проверка гипотезы о независимости по полезности. Если ответы позволяют сделать вывод, что независимость действительно имеет место, то с помощью специальных методов (часто используется принцип лотереи) восстанавливаются все величины, необходимые для идентификации искомой функции полезности. Основным достоинством апостериорных процедур по сравнению с априорными является четкое определение условий, при выполнении которых ими можно пользоваться. Но их практическое использование часто наталкивается на необходимость сбора чрезвычайно большого количества информации, а также на то, что проектант во многих случаях либо не может дать информацию, необходимую для реализации процедуры, либо дает ее с большими ошибками. Это связано, как правило, с неподготовленностью проектанта к решению такого рода задач.

Метод Парето опирается на аксиому Парето: для всех пар допустимых решений $x', x'' \in X$, для которых имеет место неравенство $f(x') \geq f(x'')$, выполняется соотношение $x' > x''$.

Здесь $f(x') \geq f(x'')$ означает выполнение покомпонентных неравенств $f_i(x') \geq f_i(x'')$ для всех $i = 1, 2, \dots, m$, причем $f(x') \neq f(x'')$. Это означает, что компоненты первого вектора $f(x')$ не меньше соответствующих компонент второго вектора $f(x'')$, причем по крайней мере одна компонента первого вектора строго больше соответствующей компоненте второго вектора.

Решение $x^* \in X$ называется оптимальным по Парето (парето-оптимальным), если не существует такого возможного решения $x \in X$ для которого имеет место неравенство $f(x) \geq f(x^*)$. Если в приведенном определении формально положить число критериев равным единице, т.е.

$m = 1$, то оно превратится в определение максимального элемента функции f_1

на множестве x . Это означает, что понятие парето-оптимальности можно рассматривать как обобщение метода главного элемента на случай нескольких критериев.

Все парето-оптимальные решения образуют множество Парето:

$$P_f(X) = \{x^* \in X \mid \neg \exists x \in X \cdot f(x) \geq f(x^*)\} \quad (4.2)$$

Пусть x^* - некоторое парето-оптимальное решение и $f(x^*)$ - соответствующий ему парето-оптимальный вектор. В соответствии с определением, если для некоторого решения $x \in X$, отличного от x^* , оказывается выполненным неравенство $f_i(x) \succ f_i(x^*)$, то обязательно должен найтись хотя бы один номер j , при котором верно неравенство $f_j(x^*) \succ f_j(x)$.

Таким образом, парето-оптимальное решение - это такое допустимое решение, которое не может быть улучшено (увеличено) ни по одному из имеющихся критериев без ухудшения (уменьшения) по какому-то хотя бы одному другому критерию.

Пусть множество возможных векторных критериев γ состоит из конечного числа N элементов и имеет вид $\gamma = \{y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(N)}\}$.

Для того чтобы на основе определения множества Парето построить его, следует каждый из векторов $y^{(i) \in \gamma}$ сравнить со всяким другим вектором $y^{(j) \in \gamma}$ с помощью отношения \geq . В случае, если для какой-то пары векторов неравенство $y^{(i)} \geq y^{(j)}$ выполняется, то второй вектор по определению не может быть парето-оптимальным. Просмотрев таким образом все возможные пары и удалив из множества γ все векторы, которые не могут быть парето-оптимальными, в итоге приходим к множеству Парето.

Этот алгоритм изображен на рисунке 4.1.

Применив метод Парето, получаем множество несравнимых по принципу Парето решений. Дальнейший выбор на этом множестве целесообразно осуществить, применив t -упорядочение, опирающееся на сопоставлении критериев по принципу важности.

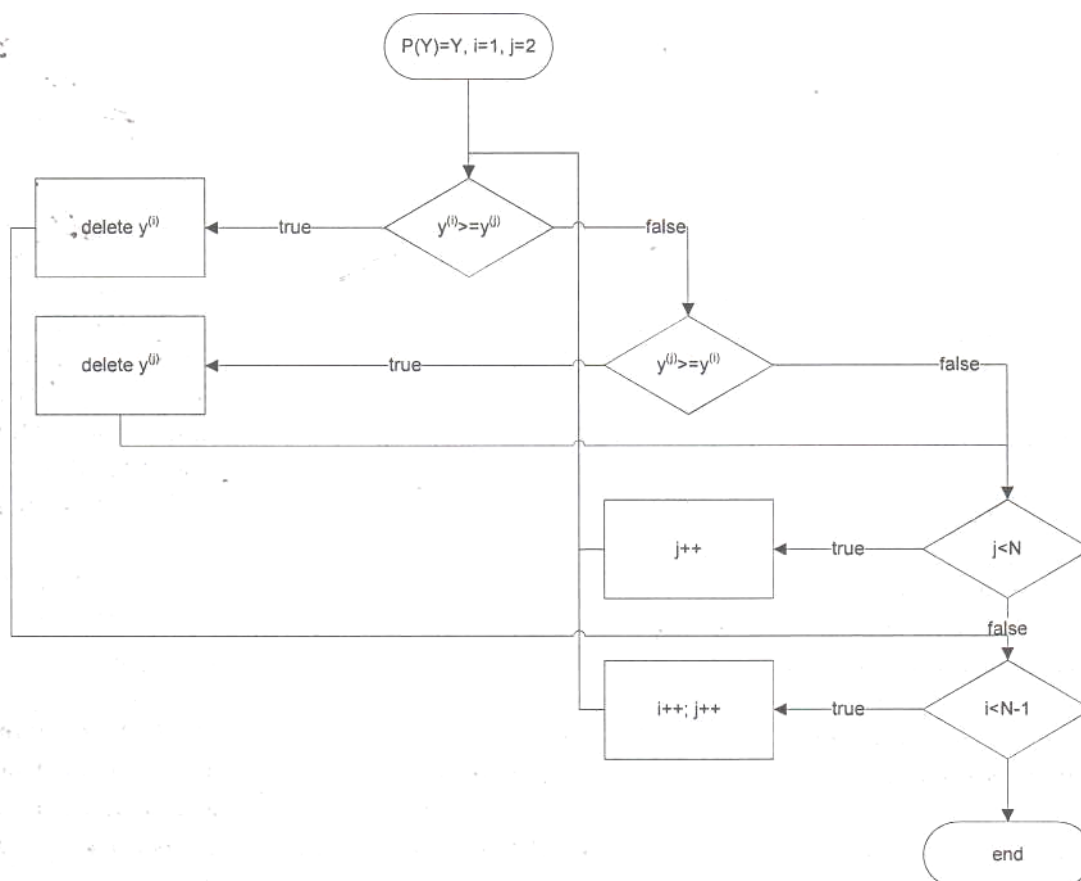


Рисунок 4.1 – Блок-схема алгоритма выделения множества Парето

4.2. Решение задачи распределения дефицитных природных ресурсов методами многоцелевой оптимизации

Такая сложная задача, как принятие решений по управлению природно-техногенными комплексными по определению является многоцелевой. Это связано с тем, что при выборе наилучшего варианта приходится учитывать много различных требований, а среди этих требований обязательно встречаются противоречащие друг другу. Однако почти все математические методы оптимизации ориентированы на нахождение экстремума одной функции, то есть являются одноцелевыми. В связи с этим часто пытаются свести многоцелевую задачу к одноцелевой, что в большинстве случаев приводит к серьезному искажению существа проблемы и, следовательно, к неоправданной замене решения одной задачи решением другой.

Если при решении одноцелевых задач методологических проблем не возникает, а возможны только вычислительные трудности, то иначе обстоит дело с многоцелевыми решениями. Здесь основные нюансы связаны со следующей проблемой: что следует считать оптимальной альтернативой в задаче с несколькими целевыми функциями, которые противоречивы и достигают максимума в различных точках множества альтернатив? По этому вопросу не

существует единого мнения, поэтому оценка качества системы в случае векторного показателя качества является одной из главных проблем в теории эффективности и исследования операций.

Многомерные цели могут находиться друг с другом в следующих отношениях:

- Цели взаимно нейтральны. Система может применительно к отдельным целям характеризоваться и рассматриваться независимо.

- Цели кооперируются. Здесь, как правило, систему удастся рассмотреть применительно к одной цели, а остальные достигаются одновременно.

- Цели конкурируют. В этом случае одну из целей можно достигнуть лишь за счет другой.

Если цели частично нейтральны, частично кооперированы и частично конкурируют между собой, то задача формулируется таким образом, что нужно принимать во внимание только конкурирующие цели. Рассмотрение нейтральных или кооперативных целей не представляет особых трудностей, так что проблемы, ориентированные на множество целей, прежде всего должны быть рассмотрены в части конкурирующих целей, коль скоро все они вместе не могут быть выражены одномерным параметром.

4.3. Формирование структуры природно-техногенных комплексов методом стохастической оптимизации

В связи с тем, что управление антропогенными процессами происходит, в основном, через экономические отношения, уточнение оценки действия антропогенных систем на экологические, проводят путем введения разнообразных экономических показателей. Так абсолютную эффективность затрат (капитальных вложений) в охрану ресурсов измеряют отношением соответствующего экологического, социального или экономического эффекта к величине затрат, обусловивших получение данного вида эффекта.

Сравнительную экономическую эффективность затрат на рациональное природопользование и охрану природных ресурсов определяют сопоставлением приведенных затрат на реализацию различных вариантов таких мероприятий при этом учитывают и сопутствующие экономические эффекты. В случае если невозможно изменить распределение ресурсов так, чтобы один из субъектов улучшит свое положение, а другой - не ухудшит, определяют экономическую эффективность по методу Парето. Вообще же для определения способов рационального использования ресурсов используют различные критерии эффективности. В рыночной экономике применительно к фирме в качестве критерия эффективности обычно используется максимум прибыли.

Однако воздействия на окружающую среду при антропогенном использовании природных ресурсов, в отличие от биотического использования природных ресурсов, бывают столь значительны и многообразны, что не удастся полностью предотвратить их путем экономического регулирования.

Воздействие на окружающую среду (обычно отрицательное) - Загрязнение воздуха, воды и почвы в результате вредных выбросов продуктов сгорания органических топлив и т.п., работы ядерных реакторов и утечек нефти и нефтепродуктов; потеря природных ресурсов (изъятие земель, нарушение ландшафтов горными работами) и т.д.

Поэтому в каждом проекте природопользования проводят анализ влияния на окружающую среду (экологический анализ – Environmental Analysis). Это раздел проектного анализа, в котором оценивается влияние проекта на окружающую среду, и определяются меры по нейтрализации или ограничению ущерба.

Смысл этих действий заключается в создании экологической безопасности. Экологическая безопасность (Environmental Safety) - это совокупность действий, состояний и процессов, прямо или косвенно приводящих к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимых природным, биотическим сообществам, отдельным людям или человечеству в целом. В общем, это комплекс состояний, явлений и действий, обеспечивающих экологическое равновесие на Земле и в любых ее регионах на уровне, к которому физически, социально - экономически, технологически и политически готово человечество. Экологическая безопасность может рассматриваться в глобальных, региональных, локальных и условно точечных рамках.

К сожалению, существующие методы управления природопользованием не позволили человечеству избежать многих неприятностей и катастроф. Сказанное выше подчеркивает, что принятие решений при природопользовании, процесс сложный и неоднозначный, поэтому в него, кроме экономической составляющей, необходимо вводить нравственную составляющую.

Любая система управления работает более эффективно, если для ее функционирования используется исчерпывающая информация. В отличие от антропогенных систем, природные системы расположены на больших территориях. Исчерпывающая информация, в этом случае легче получить, если рассматривать обособленную природную систему, например, бассейн реки или ландшафт, местность, урочище или фаццию.

Вопросы для самоконтроля

1. Методы оптимизации.
2. Решение задачи распределения дефицитных природных ресурсов методами многоцелевой оптимизации.
3. Формирование структуры природно-техногенных комплексов методом стохастической оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева. Саратов: ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.

Дополнительная

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. Природообустройство. М.: КолосС, 2008. 552 с.
2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000. 548 с.
3. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. 576 с.
4. Природно-техногенные комплексы природообустройства: метод. указ. к выполнению курсового проекта / ФГБОУ ВПО "Саратовский ГАУ"; С.А. Леонтьев, Л.Н. Чумакова, Р.В. Прокопец и др. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2012. 40 с.
5. ГИС-технологии мониторинга плодородия орошаемых земель / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева // Плодородие. 2006. № 1. С. 23-24.
6. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. ГИС - мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 6. С. 26-29.
7. Пронько Н.А., Корсак В.В. Современные информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 3. С. 27-29.
8. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Мозговой Д.П. Экологическая информатика: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1993. 151 с.
9. Халиков М.И. Система государственного и муниципального управления: учебное пособие. М.: Флинта, 2008. 448 с.

Лекция 5

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

5.1. Методы экологического прогнозирования

Экологическое прогнозирование, с одной стороны, можно рассматривать как функцию или элемент экологии, с другой - как функцию экологического мониторинга, а с третьей - как раздел науки о закономерностях разработки прогнозов (прогностики).

Прогнозирование - основанный на ретроспективном анализе системы и её поведения метод получения конкретного предсказания или вероятностного суждения о состоянии системы в будущем. По другому можно сказать, что прогнозирование - это выбор одного или нескольких наиболее вероятных вариантов состояния системы в будущем из множества возможных. Прогноз должен быть достоверным, по возможности опираться на модели прогнозируемых процессов. От прогноза следует отличать предупреждение-экстраполяцию, которое основывается на простейших балансовых расчетах и отвечает на вопрос «что будет, если процесс будет идти наблюдаемыми темпами».

Под экологическим прогнозированием понимается предсказание состояния такой системы, среди существенных элементов которой фигурирует хотя бы одна биотическая компонента - популяция, сообщество и другие. Инструментом экологического прогнозирования является экологический предиктор - модель, причем не обязательно математическая, которая служит для формирования прогноза.

В природообустройстве необходимы прогнозы функционирования и развития природных систем при техногенном воздействии. Прогнозирование природных и техно-природных процессов значительно осложняется неопределенностью условий, в которых они протекают, а также изменчивостью во времени и пространстве свойств природных тел; нелинейностью природных процессов, а также значительной вариацией погодных условий. Прогноз может быть количественным или качественным. По масштабам прогнозируемых явлений прогнозы делятся на глобальные, региональные, национальные, локальные. По срокам прогнозы делятся на краткосрочные (в основном для нужд оперативного управления ПТК), среднесрочные (сроком около года, вегетационного периода и так далее) и долгосрочные (на время, сравнимое со сроками существования ПТК).

Основными методами прогнозирования являются:

1. Линейная экстраполяция с помощью обнаруженных для предшествующего и современного развития процесса функциональных зависимостей;

2. Модельная экстраполяция с помощью расчетов на модели процесса, в том числе учитывающей возможную нелинейность процесса, для условий будущего;

3. Интуитивное (экспертное) предсказание, когда мнения ряда исследователей-экспертов обобщаются с помощью специальных методик статистики и теории планирования эксперимента;

4. Анализ причинно-следственной связи (метод аналогии), когда предполагается, что грядущий процесс для данной системы в чем-то аналогичен уже известным явлениям, проходившим в сходных условиях;

5. На основе гипотезы первичного толчка, при котором наблюдаемое слабое изменение, несущественное сейчас, рассматривают как способное перерасти в сильное, значительное;

6. Качественный скачок: прогноз основан на предсказании перехода слабого роста в резкий (экспоненциальный) и вызванных этим изменений.

Промежуток времени, на который разрабатывается прогноз, называется периодом упреждения прогноза. Другой важнейшей характеристикой любого прогноза является его надежность, то есть точность или достоверность. Под надежностью прогноза понимают некоторую разумную меру отличия предсказанных состояний экосистемы от реализовавшихся в действительности. Определение надежности прогнозов называется верификацией. Методика верификации во многом обуславливается основными характеристиками прогноза. Унифицированной методики верификации экологических прогнозов не существует и для каждого случая предсказания, для каждой системы необходимо описывать порядок верификации прогнозов.

Принцип экономичности моделей экологического прогнозирования заключается в выборе минимально возможного числа параметров модели при условии сохранения ее достаточной адекватности. Например, использование завышенного показателя степени полинома-предиктора в самоорганизующейся модели или порядка разности в модели авторегрессии приводит к росту дисперсии ошибок и к заметному росту дисперсии самого прогноза.

Время упреждения, детальность формулировки и надежность - основные характеристики экологического прогноза. Без их учета любые рассуждения, каких бы то ни было прогнозов просто бессмысленны.

5.2. Модели прогнозирования

Модель прогнозирования - модель объекта прогнозирования, исследование которой позволяет получить информацию о возможных состояниях объекта прогнозирования в будущем и путях и сроках их осуществления.

Модели экологического прогнозирования основываются на функциональной и имитационной парадигмах экологического прогнозирования.

Существование функциональной парадигмы экологического прогнозирования связано с функциональным подходом, широко распространенным в современной науке. В экологии функциональный подход начал применяться достаточно давно, однако становление функциональной парадигмы экологического прогнозирования произошло после разработки методов группового учета аргументов (МГУА). Методологической основой функциональной парадигмы является тезис о том, что вся информация об изучаемой техно-природной системе заключена в экспертных данных и исследователю остается только умело ее извлечь. Основная предпосылка функциональной парадигмы состоит в следующем: все сведения о причинах развития экологического процесса содержатся в его реализации. В принципе, успешное прогнозирование без понимания происходящего, без раскрытия причинно-следственных связей в настоящее время считается вполне возможным. Потому функциональные предикторы имеют право на существование. При функциональном прогнозировании механизм функционирования экосистемы в моделях явно не отображается. Функциональные предикторы (модели):

- применяются при поисковом прогнозировании;
- строятся с помощью ЭВМ и представляют собой модели "черного ящика";
- формируются на языке того же уровня, на котором получены экспериментальные данные;
- не обладают объяснительной силой, и какой бы то ни было общностью;
- алгоритмы же синтеза функциональных предикторов, напротив, достаточно универсальны;
- самые доступные и самые дешевые.

Аппарат функциональной парадигмы разнообразен. Это регрессионный, корреляционный и факторный анализы, теория планирования эксперимента, эволюционное моделирование, анализ временных рядов, кластерный анализ. Примеры удачных экологических функциональных прогнозов достаточно многочисленны. Однако в силу специфики экологического прогнозирования и функциональной парадигмы ее применимость при разработке любых нормативных, а также долгосрочных экологических прогнозов достаточно ограничена. Наиболее целесообразно функциональные модели использовать в кратко- и среднесрочном поисковом прогнозировании. Надежность таких прогнозов может быть достаточно высокой. Кроме этого, из выделенных академиком Н.Н. Моисеевым двух механизмов развития экологических процессов, функциональная модель способна прогнозировать только один.

Типы экологических процессов:

- дарвинского, когда эволюция экосистемы обусловлена медленным накоплением новых количественных особенностей;
- квазидарвинского (бифуркационного), когда при определенных значениях параметров системы нарушается однозначный ход ее развития, возникает бифуркация. В этом случае дальнейший ход развития экологического процесса становится непредсказуемым - его эволюцию определит сколь угодно малое случайное возмущение.

Функциональная парадигма не в состоянии изучать бифуркационные механизмы - она предназначена для предсказания экологических процессов, динамика которых формируется только дарвинскими механизмами.

Имитационная парадигма экологического прогнозирования вызвана применением в экологии нового мощного инструмента системного анализа - имитационного моделирования сложных систем. Имитационное моделирование дает возможность проследить эволюцию исследуемой системы как бы «изнутри», получить оценку ее целостных характеристик при достаточно широком спектре воздействия и в ситуациях, которые либо в данный момент, либо принципиально нельзя осуществить на практике.

При имитационном моделировании в модели сквозь призму цели исследования достаточно полно отображаются «глубинные» свойства экосистемы - множество ее структур и механизм функционирования. При этом, как правило:

- в модели учитывается огромное число переменных и параметров экосистемы;
- имитируется множество явлений совершенно различной физической (экологической) природы;
- большинство коэффициентов модели имеет экологический (физический) смысл;
- модель представляет собой комплекс программ для ЭВМ, построенных по модульному принципу, и включает специальную систему математического обеспечения с соответствующей периферией, позволяющей работать с моделью в диалоговом режиме;
- при разработке модели применяются как априорная информация, так и экспериментальные данные;
- модель служит для изучения совокупности целостных характеристик, используется как средство системного экспериментирования с экосистемой и имеет скорее практическую, чем теоретическую значимость.

Имитационные модели широко используются при прогнозировании состояния биосферы, водных и наземных экосистем, других экологических объектов. Они могут формировать свои прогнозы для широкого диапазона времени упре-

ждения и используются как при поисковом, так и при нормативном прогнозировании. При этом детальность формулировки прогнозов может быть очень высокой.

Недостатком имитационного моделирования является субъективный момент, вносимый исследователем при построении модели, - навязывание своих представлений о характере поведения системы. Этому недостатка в значительной степени лишены модели МГУА. Еще один недостаток имитационных предикторов состоит в их большой стоимости и высокой длительности разработки.

5.3. Модели предотвращения, устранения, уменьшения или компенсации негативного влияния на природную среду антропогенной деятельности при природопользовании

Согласно российскому законодательству проекты строительства, реконструкции и модернизации природно-техногенных комплексов, как и других объектов, предварительно проходят государственную экспертизу разработанной на предпроектном этапе оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). Экспертиза предусматривает:

- Информирование общества о намечаемых действиях, ведущих к изменению среды обитания людей на конкретной территории;
- Выявление всех возможных воздействий будущего объекта или комплекса на окружающую среду с учетом природных условий конкретной территории;
- Выявление экологических, социальных, экономических и других связанных с ними последствий реализации намечаемой деятельности;
- Корректирующие меры и мероприятия, направленные на предотвращение отрицательных экологических и других изменений в окружающей среде.

Правовыми нормами установлено, что для решения поставленных задач по оценке воздействия на окружающую среду проводится комплекс экологических исследований по оценке воздействия намечаемого объекта на компоненты окружающей среды: оценка возможного загрязнения атмосферного воздуха, оценка акустического воздействия, оценка влияния намечаемой деятельности на поверхностные и подземные воды, оценка возможного воздействия на почвенный и растительный покров, оценка рекреационного воздействия на прилегающие территории, разработка природоохранных мероприятий, способствующих снижению негативных последствий.

Однако на практике обычно расчет экологического ущерба от антропогенного воздействия проектируемого объекта проводится по годовому эконо-

мическому ущербу, наносимому окружающей среде техногенным воздействием, определяемым по формуле:

$$Y = Y_a + Y_b + Y_{om} + Y_3, \quad (5.1)$$

где Y_a - ущерб от загрязнения атмосферы; Y_b - ущерб от взвешенных веществ, поступающих в водные объекты; Y_{om} - ущерб от годового размещения твердых отходов; Y_3 - ущерб от порчи земельных ресурсов.

Однако при оценке ущерба необходимо определять и возможности природной составляющей без потери своей экологической устойчивости воспринять планируемые техногенных нагрузки.

Расчет экологической техноемкости территории (ЭТТ), определяется по трем компонентам среды обитания - воздуху, воде и земле, включая биоту экосистем и совокупность реципиентов. Если им присвоить индексы $I = 1, 2, 3$, то ЭТТ (усл.т/год) можно вычислить по следующей формуле:

$$\text{ЭТТ} = \text{ЭТТ} = \sum_{i=1}^3 \text{Э}_i X_i k_i \quad (5.2)$$

где Э_i - оценка экологической емкости i - ой среды, т/год; X_i - коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде (например, кислорода O_2 и углекислого газа CO_2 в воздухе, воде, почве.); k_i - коэффициент перевода массы в условные тонны (коэффициент относительной опасности примеси для каждой из сред), который рассчитывается по формуле:

$$k_i = \frac{\sum_{v=1}^u M_{iv} T_{iv}}{\sum_{v=1}^u M_{iv}} \quad (5.3)$$

где M_{iv} - масса v -го вредного вещества, поступающего за год в i -ю среду от всех источников территории, т/год; T_{iv} - относительная токсичность v -го вещества в i -й среде, усл.т/год;

$$T_{iv} = \frac{\bar{C}_{i(st)}}{C_{iv}} \quad (5.4)$$

где $\bar{C}_{i(st)}$ ПДК или другая нормативно предельная концентрация вещества, принятого как эталон для сравнения токсичности, г/м³ или мг/л; C_{iv} -

принятая для оценки токсичности ПДК или другая нормативно предельная концентрация v -го вещества в i -ой среде, $г/м^3$ или $мг/л$.

Для приближенных расчетов можно принять $k_1 = 0,46$ условных тонн на тонну (усл. т/т); $k_2 = 0,3$ усл.т/т; $k_3 = 0,37$ усл.т/т.

Экологическая емкость каждого компонента среды определяется по следующей формуле, которую можно рассматривать как модель природной компоненты ПТК:

$$Э_i = V_i C_i F_i \quad (5.5)$$

где V_i - экстенсивный параметр, определяемый размером территории ($км^2$, $км^3$); C_i - содержание (концентрация, плотность) главных экологически значимых субстанций в i -ой среде.

Для первой среды (атмосферы):

$$V_1 = S \cdot h, \quad (5.6)$$

где h - приведенная высота слоя воздуха, подвергшегося техногенному загрязнению, м, км; S - площадь территории региона, области, города, $м^2$, $км^2$.

Для гидросферы V_2 - полный среднегодовой объем всех поверхностных водоемов и водотоков территории, $км^3$; для земли $V_3 = S$ - площадь территории, $км^2$.

Для параметра C - содержание, концентрация или плотность) главных экологически значимых субстанций в i -ой среде, то есть кислорода O_2 и углекислого газа CO_2 в приближенных расчетах принимаются следующие значения:

$$\begin{aligned} C_1 &= 3,0 \cdot 10^5 \text{ т/км}^3; \\ C_2 &= 1,0 \cdot 10^9 \text{ т/км}^2; \\ C_3 &= B/V_3 \text{ т/км}^2. \end{aligned}$$

Параметр F_i ; характеризует скорость кратного обновления объема или массы среды, $год^{-1}$. При его определении в расчетах используются следующие зависимости:

$$F_1 = \frac{55896v}{OS} \quad (5.7)$$

где v - годовая средняя скорость ветра, $м/с$.

$$F_2 = \frac{0,0315f + 3 \cdot 10^{-6} \omega S}{V_2} \quad (5.8)$$

где f - суммарный расход воды в водоёмах при входе в территорию, м³/с;
 ω - среднегодовое количество осадков, мм /год.

$$F_3 = \frac{P_B}{P} \quad (5.9)$$

где P_g - средняя годовая продукция сухого вещества биомассы, т/год; B - среднегодовая биомасса сухого вещества, т.

Расчет экологической техноемкости территорий по предлагаемой модели не учитывает распространение воздействия на периферию окружающего пространства и не выявляет области наложения различных типов воздействий. Другие общепринятые методики моделирования (прогнозирования) предотвращенного ущерба также учитывают только непосредственное воздействие производства на окружающую среду в рамках локального конкретного ПТК по каждой компоненту в отдельности и без учета временной изменчивости реакций природных компонентов на внешние воздействия.

Несовершенство традиционных методов учета ущерба привело к необходимости разработки новых, более корректных методик.

Метод биогеохимической индикации, разработанный Т.Н. Нижарадзе, основывается на экспресс-оценке концентрации бактериальной биомассы и чувствительности бактерий к различным типам загрязнения. Он позволяет контролировать вредные влияния различных производств, в том числе и токсичных. Использование биогеохимического метода включает в себя отбор образцов по площади исследуемого ПТК, проведение биохимических анализов и построение карт пространственного распределения показателей. Отрицательные аномалии будут свидетельствовать о токсичности загрязнения и позволят регистрировать реакцию на загрязнение естественной биоты природно-техногенного комплекса. В настоящее время этот метод широко применяется при оценке экологического состояния в районах крупных промышленных и горнодобывающих предприятий. Однако, он совсем не учитывает влияние локального воздействия на разные уровни системы и временную изменчивость ПТК.

Наиболее эффективными и достоверными из новейших способов создания экологических моделей представляются методы информационных технологий и, особенно, искусственного интеллекта. Например:

- гибридная интеллектуальная тестовая распознающая система, разработанная А.Е. Янковской, основывается на применении смешанных диагностических тестов, позволяющих выявить различного рода закономерности в работе природной подсистемы ПТК;

- пространственные модели расчетного мониторинга загрязнения атмосферы, предложенные и внедренные Д. Корчагиным на Новолипецком металлургическом комбинате, предусматривающие комплексный анализ загрязнения атмосферного воздуха с использованием расчетного мониторинга и измерений на стационарных постах ЦГМС, что позволяет оценить и проанализировать количество определенного компонента в атмосфере в привязке к источникам загрязнения и фактическим метеопараметрам.

- фрактальная теория пространственно-временных размерностей, сформулированная Ф.Н. Рянским, включающая в размерности геосистем кроме длины, площади, объема и массы время, а также учитывающая размер области поражения и, соответственно, влияние таковой на увеличивающийся размер пространства.

Время в последней модели оценивается возрастом, исчисляемым от той временной ступени, на которой между компонентами системы начали устанавливаться связи, подобные действующим в настоящее время. Переход с одной временной ступени на другую означает их эволюцию.

Оценочная модель инженерной системы складирования и хранения отходов

Окружающая природная среда в пределах зон влияния инженерных систем складирования и хранения отходов (ИСХО), прежде всего полигонов предназначенных для складирования твердых бытовых отходов (ТБО) испытывает значительную техногенную нагрузку, зачастую превышающую природные возможности самоочищения среды. На территории ИСХО и прилегающих землях нарушается природный ландшафт, интенсивно загрязняются все компоненты окружающей природной среды (подземные и поверхностные воды, почвы и растительность, донные отложения, атмосферный воздух), что отрицательно влияет на здоровье живущих рядом людей. В связи с этим возникает необходимость возвращения деградированных земель, загрязненных водных объектов в районе расположения ИСХО в природное состояние и придания им форм, органически вписывающихся в структуру окружающего ландшафта.

Для экологической реабилитации природной среды и благоустройству зон техногенного влияния таких природно-техногенных комплексов необходимо оценить характер и интенсивность загрязнения территорий вблизи полигонов; определить методы, необходимые для восстановления экологических функций этих территорий или для снижения негативного воздействия на компоненты окружающей среды, то есть методы приведения нарушенных территорий в безопасное состояние.

Для выявления характера и интенсивности загрязнения окружающей

среды необходима типизация ИСХО по комплексу признаков, учитывающих как технологические характеристики объектов, так и геолого-гидрогеологические и инженерно-геологические условия территорий их размещения. Определяющим признаком типизации является степень экологической опасности воздействия ИСХО на окружающую природную среду.

Для условий Московской области специалистами НПО «НОЭКС» предложена оценочная модель воздействия типовых полигонов ТБО на окружающую природную среду (рис. 5.1).

Эта модель позволяет обобщить данные инженерно-экологических обследований ИСХО и определить степень их воздействия на окружающую природную среду.

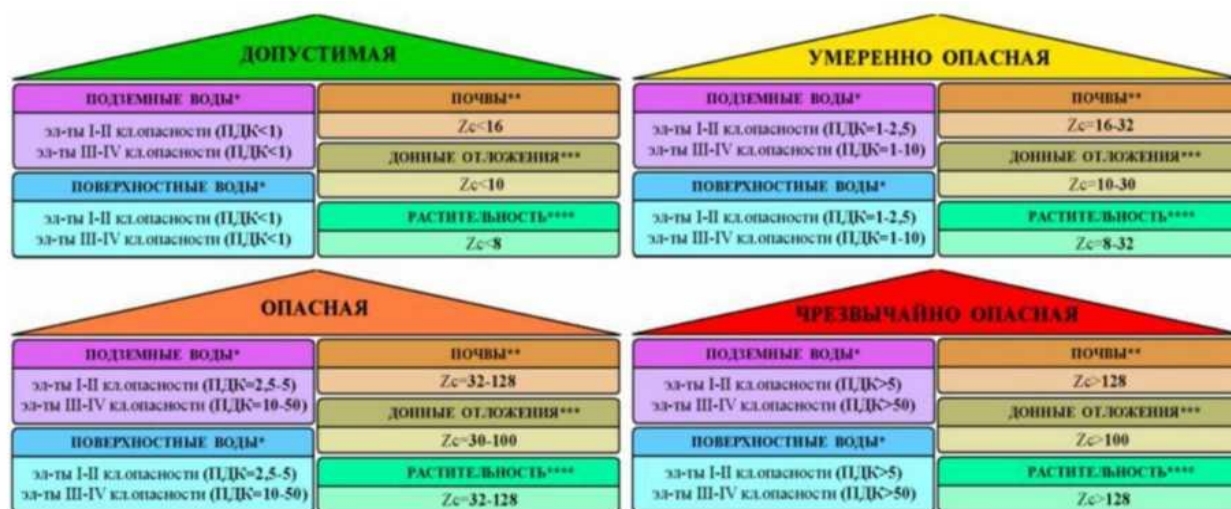


Рисунок 5.1 - Оценочная модель воздействия ИСХО на окружающую природную среду

Примечания: 1) ПДК - предельно-допустимые концентрации элементов в компонентах окружающей природной среды

1) Z_c - суммарный показатель загрязнения компонентов окружающей природной среды

2) Критерии оценки компонентов окружающей природной среды взяты из действующих в данный момент нормативных и методических документов.

Вопросы для самоконтроля

1. Методы экологического прогнозирования.
2. Модели прогнозирования.
3. Модели предотвращения, устранения, уменьшения или компенсации негативного влияния на природную среду антропогенной деятельности при природопользовании.
4. Оценочная модель инженерной системы складирования и хранения отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева. Саратов: ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.

Дополнительная

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. Природообустройство. М.: КолосС, 2008. 552 с.

2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000. 548 с.

3. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. 576 с.

4. Пронько Н.А., Корсак В.В. Современные информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 3. С. 27-29.

5. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Мозговой Д.П. Экологическая информатика: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1993. 151 с.

6. Халиков М.И. Система государственного и муниципального управления: учебное пособие. М.: Флинта, 2008. 448 с.

Лекция 6

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ

6.1. Государственные автоматизированные информационные системы

Появление и широкое распространение электронных вычислительных машин, а также широкое внедрение кибернетических методов в управление различными предприятиями и отраслями народного хозяйства в разных странах не могли не привести во второй половине XX века к попыткам реализовать с помощью этих средств идеи К. Маркса и В.И. Ленина об отмирании государства путем его замены его всеобъемлющими и всеохватывающими компьютерными системами управления прежде всего экономикой.

Лидерами по таким разработкам были, естественно, Советский Союз (общегосударственная автоматизированная система - ОГАС) и, что далеко не так естественно - Чили, где в период правления президента С. Альенде (начало

1970 гг.) с помощью левых западных интеллектуалов (Стаффорд Бир) проводилось внедрение общегосударственной автоматизированной системы Киберсин.

Первым, кто поставил перед высшим руководством Советского Союза и научной общественностью вопрос о необходимости управления экономикой СССР в масштабах всей страны на основе повсеместного применения электронных вычислительных машин (ЭВМ) был А.И. Китов в 1959 г.

Созданием автоматизированной системы управления экономикой (ОГАС) руководил Виктор Михайлович Глушков, который был руководителем Института кибернетики АН УССР. Эту задачу перед ним поставило правительство из-за экономических трудностей начала 1960-х годов, связанных с тем, что рыночные механизмы были ограничены, для эффективного управления требовалось надлежащее планирование на основе математического расчета. По расчетам В.М. Глушкова в 1930-х годах для решения проблем управления хозяйством СССР требовалось производить порядка 10^{14} математических операций в год, а в середине 1970-х - уже примерно 10^{16} . Если принять, что один человек без помощи техники способен произвести в среднем 106 операций в год, то получится, что необходимо около 10 миллиардов человек, для того, чтобы экономика оставалась хорошо управляемой. Чем больше росла советская экономика, тем сложнее было вести расчеты.

К середине 1964 г. был разработан эскизный проект ОГАС. Предполагалось, что вся производственная информация прямо с предприятий, имеющих автоматизированную систему управления (АСУП), будет поступать в управляющие системы регионов (РАСУ) и далее - отраслей (ОАСУ). Сеть должна была объединить 100-200 крупных вычислительных центров в промышленных городах и экономических центрах. Оттуда обработанная информация поступала в единый общегосударственный центр. С помощью механизмов обратной связи осуществлялся контроль исполнения и постоянная корректировка управленческих решений. Таким образом, система легко работала в условиях постоянного изменения производственной среды и могла сама проводить корректировки решений в простых ситуациях. На практике это привело бы к постепенному переходу рычагов управления от бюрократического аппарата к более продвинутым «органам». Благодаря ОГАС руководители всех уровней имели бы возможность всегда получать свежие, точные и своевременные данные, а уже на основе их принимать решения. Также система упрощала управление, посему начальников требовалось не так много - это позволяло значительно сократить, а позже и вовсе отказаться от бюрократии.

В 1965 г. проект был отклонен - правительство Советского Союза решило, что он требует слишком много средств и можно обойтись без него, частично усилив рыночные методы управления государством.

6.2. Концепция разработки информационных технологий поддержки принятия решений по управлению природно-техногенными комплексами

Предотвратить деградацию природных компонентов ПТК, добиться их экологической стабилизации можно только путем повышения качества решений по управлению природопользованием на них. Повышение качества управленческих решений возможно за счет учета индивидуальных особенностей каждого управляемого естественного элемента ПТК и при индивидуальном управлении ходом технологических процессов на нем, то есть реализации геосистемного принципа природопользования. Основой такого управления является создание и использование информационных технологий управления, так как только их использование позволит значительно повысить обоснованность и качество принимаемых технологических решений, эффективность и экологическую безопасность эксплуатации ПТК.

Под информационной технологией управления природопользованием следует понимать упорядоченную совокупность методов и средств, обеспечивающих автоматизацию конструирования рациональных технологических операций и их параметров на базе использования эвристических правил, моделей и автоматизированной обработки данных. Назначением такой технологии является выработка рациональных управляющих воздействий через формирование советов по управлению, а также рекомендаций по проведению необходимых наблюдений и выдачу их пользователю в той или иной форме. Выработка таких воздействий невозможна без информационного обеспечения, важнейшими составляющими которого являются сбор, первичная обработка, хранение и использование данных о состоянии объекта и ходе технологического процесса.

В связи с недостаточной формализованностью знаний в области наук о природе, природообустройстве и природопользованием первым основополагающим принципом создания информационных технологий управления является использование эвристических методов поиска решений. То есть они должны разрабатываться как экспертные системы.

В отличие от традиционных программ, экспертные системы не работают по определенному, раз и навсегда заданному алгоритму, а конструируют его применительно к конкретным особенностям каждой решаемой задачи, опираясь на свои базы знаний. Иначе можно сказать, что экспертная система - это аппаратные средства компьютера и программное обеспечение, которые использует модель рассуждения эксперта и подражают человеческим экспертам в решении проблем, используя эвристики. Эвристики: правила основанные на опыте работы, которые позволяют экспертам делать обоснованные предположения, когда

необходимо делать выбор из многочисленных вариантов и эффективно работать с ошибочными или неполными данными. Экспертные системы могут использоваться как интегратор результатов работы математических моделей, экспертного знания и данных для многих приложений. Развитие, испытание, применение моделей обеспечивает структуру для междисциплинарной интеграции исследований и переноса технологий во многих областях. Комбинация моделей и систематизированного знания, основанного на правилах, описывающих проблемную область решаемых задач, обеспечивает возможность создания программного продукта, в котором математическими моделями управляют знания исследователей. Такое объединение позволяет проводить адаптацию экспертной системы для конкретных пользователей. В этом отношении, экспертные системы стали еще одним инструментом в системном подходе к исследованиям, интеграции результатов исследований. Важно заметить, что экспертные системы не отвергают и не заменяют методы традиционного программирования. Традиционные программы могут входить в экспертную систему как ее составные части, к которым она будет обращаться в процессе поиска решения.

Гибкость экспертных систем за счет возможности интегрированного использования неформализованных экспертных знаний и математических моделей позволяют обеспечить выполнение важнейшего экологического требования к создаваемым технологиям - направленность на «мягкое» управление эксплуатацией природного потенциала, что является основополагающим принципом управления природопользованием.

Другими принципами являются системный подход, ориентация на средний уровень автоматизации управления, то есть на создание и использование информационно-советующих систем (ИСС), ориентированность на пользователя, неподготовленного в области информатики, открытость для постоянной модернизации и децентрализованность.

Вопросы для самоконтроля

1. Государственные автоматизированные информационные системы.
2. Концепция разработки информационных технологий поддержки принятия решений по управлению природно-техногенными комплексами.
3. Принципы создания информационных технологий поддержки принятия решений по управлению природно-техногенными комплексами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева. Саратов: Изд-во ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.

Дополнительная

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. Природообустройство. М.: КолосС, 2008. 552 с.

2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000. 548 с.

3. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. 576 с.

4. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Мозговой Д.П. Экологическая информатика: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1993. 151 с.

5. Халиков М.И. Система государственного и муниципального управления: учебное пособие. М.: Флинта, 2008. 448 с.

Лекция 7

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

7.1. Информационно-советующие системы управления природно-техногенными комплексами

Разработками автоматизированных систем управления (АСУ) в агропромышленном комплексе так же велись еще во времена СССР. Тогда АСУ в АПК являлась человекомашиной системой. Все рутинные процессы по сборке, отправке и дальнейшей статистической обработке данных, а так же подготовке различных вариантов решений проводились на ПЭВМ, но окончательное решение принимал человек. Нельзя не отметить, что особую роль в этом процессе отводится решению, которое принимает человек-специалист в данной отрасли, от этого напрямую зависит эффективность меры или дальнейшего действия.

В последнее время, активно разрабатываются и применяются системы поддержки принятия решений для специалистов широкого профиля, в том числе и мелиоративной отрасли АПК.

Так, Д.А. Рогачевым разработана система поддержки принятия решения

(СППР) при планировании технической эксплуатации гидромелиоративных систем. Архитектура СППР, включает три основные подсистемы: информационную; анализа; поддержки решения. Основными компонентами системы являются база данных, база моделей и программная подсистема, включающая систему управления базой данных (СУБД), систему управления базой моделей (СУБМ) и систему управления интерфейсом между пользователем и компьютером. Разработанная СППР может интегрироваться с автоматизированной учетно-управленческой системой, такой как «1С-Предприятие», получившей широкое распространение в России за последние десятилетия.

И.В. Ольгаренко предлагает использовать информационные технологии при планировании водопользования в хозяйствах. Основу алгоритмического обеспечения информационной технологии планирования водопользования в орошаемых хозяйствах составляют алгоритм формирования структуры посевных площадей и алгоритм формирования и расчёта календарного плана полива сельскохозяйственных культур.

Также разрабатываются системы принятия решений непосредственно по технической эксплуатации гидромелиоративных систем. Принципы разработки подобной системы приводит И.Ф. Юрченко:

1. Принцип иерархической декомпозиции и связанный с ним принцип стратификации.
2. Принцип комплексности, концептуального единства, целевой структуризации, ориентации на конечного пользователя и полноты системы.
3. Принцип целевой структуризации целенаправленных и целеустремленных систем.
4. Принцип «полной системы»

Автор выделяет три организационных уровня управления: стратегический, тактический и оперативный. Каждому сопутствует свой перечень задач. Чтобы повысить эффективность управления эксплуатацией гидромелиоративных систем, обеспечивающих экологическую устойчивость и продуктивность мелиорируемых земель, сотрудниками ФГБНУ ВНИИГиМ разработана компьютерная информационная технология, реализуемая в среде СППР «РЕМЭКС».

7.2. Системы мониторинга природно-техногенных комплексов

Исходя из необходимости сохранения природного потенциала естественных компонентов ПТК и, прежде всего, плодородия почв, в процессе создания и ведения систем их мониторинга необходимо опираться на следующие принципы. Во-первых - принцип комплексности. Мониторинг орошаемых зе-

мель должен собирать в единой базе данных всю информацию, необходимую для принятия решений по сохранению плодородия почв и экологической устойчивости агроландшафтов. Комплексность информации об эколого-мелиоративной обстановке на орошаемых землях может быть обеспечена только оптимальным для конкретных природно-климатических и хозяйственных условий составом собираемых данных, а также их полной и взаимоувязанной обработкой. Это более важно, чем полный пространственный охват наблюдаемых территорий. Во-вторых - принцип локальности. Мониторинг ПТК должен ориентироваться на эксплуатацию в рамках отдельного предприятия, то есть являться локальным. Это требование вытекает из необходимости наличия субъекта, принимающего решения по воздействию на составляющие природного потенциала отдельных элементов ПТК. В-третьих - принцип темпоральности. Основная задача локального мониторинга - сохранение благоприятной экологической ситуации в наблюдаемой зоне и на прилегающих территориях, которое заключается для наблюдаемой зоны в сохранении природного потенциала, а на прилегающих территориях - в недопущении распространения вредных воздействий на нее из зоны деятельности ПТК. Важно отметить, что понятие «сохранения» в данном случае не должно быть статичным, ориентированным на неизменность каких-либо свойств. Благоприятность показателей не может оцениваться только с помощью сравнения их значений с некими нормативными или эталонными данными. Огромное значение имеют тенденции изменений этих показателей, направленность и интенсивность различных процессов, как негативных, так и позитивных. В-четвертых - Принцип иерархичности. Мониторинг целесообразно проводить в направлении «снизу-вверх» - от отдельного элемента ПТК к ПТК в целом, а затем обобщать на уровне района, региона, федерации и т.д.

Кроме выше перечисленных принципов, локальный мониторинг ПТК должен отвечать общим для всех видов мониторинга принципам непрерывности, системности, достоверности и оперативности (своевременности).

На базе вышеперечисленных принципов разработаны такие информационные системы, как автоматизированный банк данных гидромелиоративных наблюдений и система локального геоинформационного мониторинга орошаемых земель ЗАО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области.

Вопросы для самоконтроля

1. Информационно-советующие системы управления природно-техногенными комплексами.

2. Системы мониторинга природно-техногенных комплексов.
3. Архитектура системы поддержки принятия решения при планировании технической эксплуатации гидромелиоративных систем.
4. Принципы разработки системы принятия решений по технической эксплуатации гидромелиоративных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева. Саратов: ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.

Дополнительная

1. Ольгаренко И.В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 06.01.02. Саратов, 2013. 44 с.

2. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. ГИС-мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 6. С. 26-29.

3. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. Геоинформационная система мониторинга плодородия орошаемых почв Саратовского Заволжья // Энтузиасты аграрной науки: труды Куб. ГАУ. Вып. 9. Краснодар, 2009. С. 52-55.

4. Пронько Н.А., Корсак В.В. Управление орошаемым земледелием на основе использования информационных технологий // Научная жизнь. 2012. № 2. С. 80-87.

5. Рогачев А.Ф., Скитер Н.Н., Плещенко Т.В. Разработка системы поддержки принятия решений для обоснования параметров эколого-экономических систем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 2. С. 238-242.

6. Юрченко И.Ф. Наукоемкие информационные технологии в мелиоративной деятельности. - Управление экономическими системами. Электронный научный журнал. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://uecs.ru/uecs-03-32005/item/22-2011-03-19-07-05-15>.



Рисунок 8.1 - Структурная схема программно-информационного обеспечения ИСС УПОП

Лекция 8

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

8.8. Информационно-советующие системы управления поливами и внесением удобрений

Примерами разработанных на основе приведенной в предыдущем разделе концепции являются информационно-советующие системы по управлению плодородием и водным режимом почв инженерных мелиоративных (оросительных) систем - ИСС УПОП и ИСС «РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ».

ИСС УПОП (рис. 8.1) может использоваться как в составе комплексной системы проектирования технологий выращивания культур и оперативного управления им, так и самостоятельно - для проектирования и управления операциями по внесению органических и минеральных удобрений.

ИСС УПОП представляет собой экспертную систему. Ее базы знаний - процедурные, то есть являются совокупностями правил типа ЕСЛИ <условие> ТО <действие>, описывающих предметную область системы - управление минеральным питанием полевых культур и орошаемого поля в целом.

Для климатических условий левобережных районов Саратовской области нами разработана информационно-советующая система по управлению водным режимом орошаемых земель - ИСС «РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ» (рис. 8.2).

Она базируется на разработках специалистов СГАУ им. Н.И. Вавилова и Волжского НИИ гидротехники и мелиорации в области водонормирования, расчета водопотребления орошаемых культур и экологически безопасных режимов орошения. Она решает следующие задачи:

- Расчет водопотребления сельскохозяйственных культур и оросительной нормы (дефицита водопотребления) в расчетном году с учетом прогнозируемой урожайности, на основе использования зависимостей урожая от водопотребления, а также зависимостей самого водопотребления от природно-хозяйственных условий.

- Проектирование рациональных, дифференцированных по предполивному порогу влажности почвы и расчетной глубине увлажняемого слоя, режимов орошения для обоснованно выбранного года-аналога на получение максимальной урожайности или на минимальные удельные расходы воды на 1 тонну продукции.

- Сезонное и оперативное планирование внутрихозяйственного водопользования (составление годовых и оперативных планов водопользования, прогноза поливных режимов на каждом поливном участке).

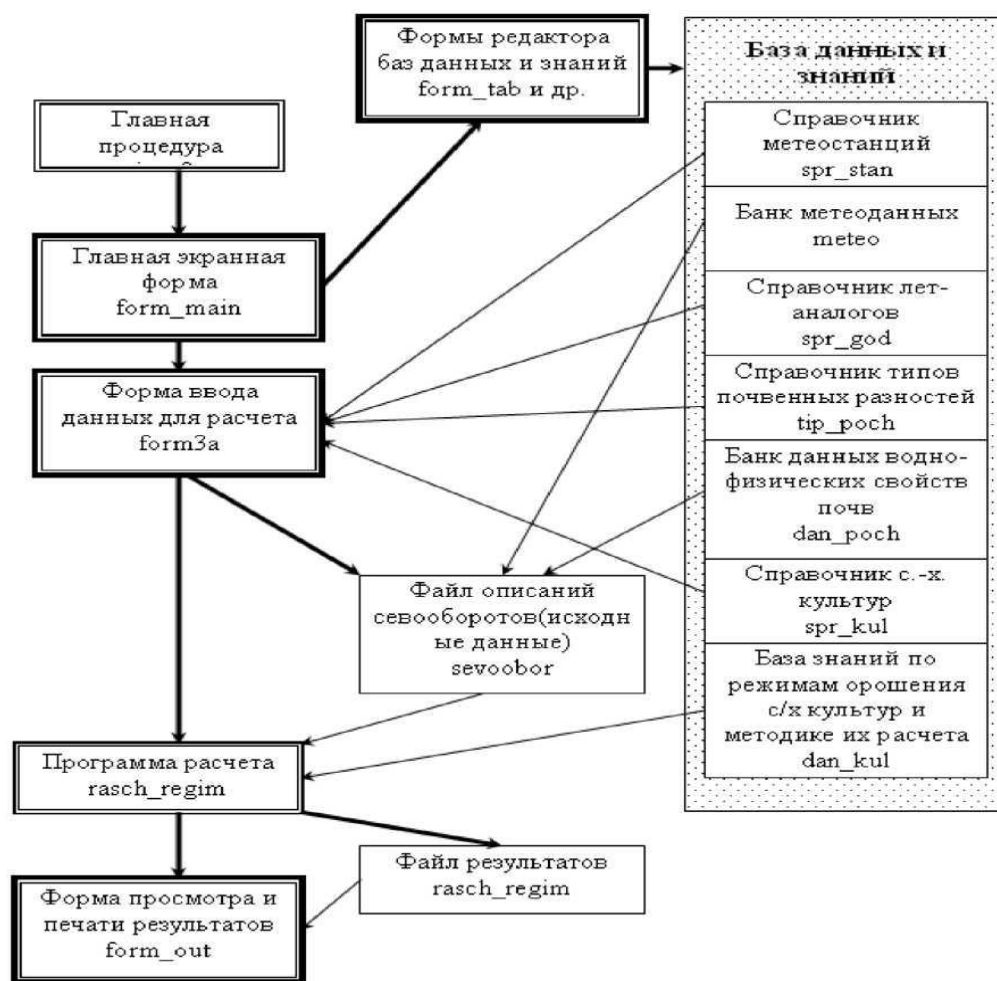


Рисунок 8.2 - Схема программно-информационного обеспечения ИСС «РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ»

При разработке программных и информационных компонентов ИСС особое внимание уделялось требованиям обеспечения экологической безопасности как поливных земель (сохранение плодородия почв, недопущение ирригационной эрозии, поверхностного стока, повышенной инфильтрации влаги в нижние слои почвы). Все расчеты основных параметров искусственного водного режима орошаемых полей проводятся с учетом этих требований. В основе методики расчета режимов орошения сельскохозяйственных культур лежит объективное определение вероятных величин водопотребления с учетом биологии культурных растений, метеорологических, почвенных, гидрогеологических и других природных условий, а также применяемой и планируемой к применению техники и технологии орошения.

8.2. Автоматизированные банки данных мелиоративных наблюдений

Автоматизированный банк данных гидромелиоративных наблюдений предназначен для организации ввода, предварительной обработки и хранения информации о мелиоративном состоянии орошаемых земель в виде реляционных файлов баз данных, а также получения отчетных документов. Схема его функционирования приведена на рисунке 8.3.

Работа в автоматизированном банке данных гидромелиоративных наблюдений организована с помощью системы меню и экранных форм.

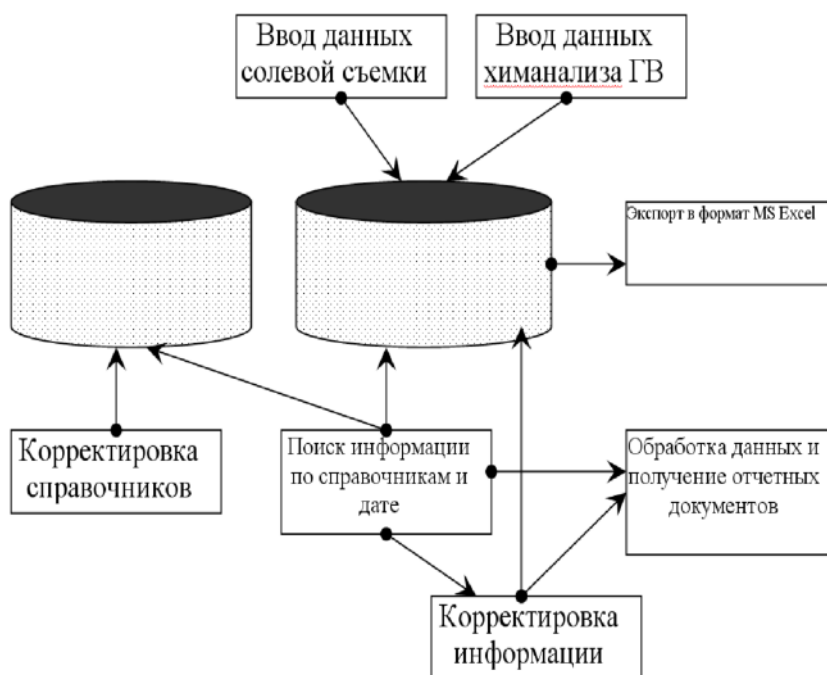


Рисунок 8.3 - Принципиальная схема работы автоматизированного банка данных гидромелиоративных наблюдений

В настоящее время автоматизированный банк данных используется в комплексном отделе гидромелиоративных исследований и мониторинга Саратовской ГМП при ФГУ «Управление Саратовмелиоводхоз».

8.3. Геоинформационный мониторинг

ЗАО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области находится на левом берегу Волгоградского водохранилища и расположено в 18 км юго-западнее от районного центра г. Маркса и в 45 км от областного центра г. Саратов. В состав ЗАО «АФ «Волга» в настоящее время входят 5 населенных пунктов с центральной усадьбой в с. Звонаревка и общей численностью населения 2500 человек. Оно является крупнейшим орошаемым хозяйством района, имея площадь поливных земель 3280 га (рис. 2). Для него было разработано информационное обеспечение локального ГИС - мониторинга: цифровые карты с группами слоев: инфраструктура; гидромелиоративная система; гидрография и рельеф; геологическая и почвенная карты; места отбора проб; атрибутивная база данных.

Сведения о природно-климатических условиях обследуемой территории (температурном режиме, количестве осадков, направлении и частоте преобладающих ветров, почвах, характере растительного покрова), гидрологических особенностях (уровне залегания грунтовых вод, минерализации грунтовых вод), хозяйственном использовании, гигиенической обстановке, санитарно-эпидемиологическом состоянии, то есть вся постоянная и переменная информация мониторинга собирается в базе данных в формате, совместимом с форматом DBF (DBASE, FOXPRO, DELFI, ACCESS).

Результаты мониторинга и полученные цифровые карты используются хозяйством при разработке систем орошаемого земледелия.

Вопросы для самоконтроля

1. Информационно-советующие системы управления поливами
2. Информационно-советующие системы управления внесением удобрений.
3. Автоматизированные банки данных мелиоративных наблюдений.
4. Геоинформационный мониторинг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Пронько Н.А., Корсак В.В., Холуденева О.Ю., Корнева Т.В. Саратов: Изд-во ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.

Дополнительная

1. ГИС-технологии мониторинга плодородия орошаемых земель / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева // Плодородие. 2006. № 1. С. 23-24.

2. Рекомендации по созданию и ведению геоинформационной системы мониторинга состояния мелиорируемых сельхозугодий Саратовской области / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, С.В. Затицацкий, Т.В. Корнева. Саратов: Изд-во ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», 2007. 21 с.

3. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. ГИС - мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 6. С. 26-29.

4. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. Геоинформационная система мониторинга плодородия орошаемых почв Саратовского Заволжья // Энтузиасты аграрной науки: труды Куб. ГАУ. Вып. 9. Краснодар., 2009. С. 52-55.

5. Пронько Н.А., Корсак В.В. Управление орошаемым земледелием на основе использования информационных технологий // Научная жизнь. 2012 № 2. С. 80-87.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Козлов Д.В. Природообустройство. М.: КолосС, 2008. 552 с.
2. Математическое моделирование в компонентах природы (интерактивный курс): учебно-практическое пособие / Г.Н. Камышова, В.В. Корсак, А.С. Фалькович, О.Ю. Холуденева. Саратов: Изд-во ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова. 2012. 155 с.
3. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. СПб.: Наука, 2000. 548 с.
4. Ольгаренко И.В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 06.01.02. Саратов, 2013. 44 с.
5. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006. 576 с.
6. Природно-техногенные комплексы природообустройства: методические указания к выполнению курсового проекта / С.А. Леонтьев, Л.Н. Чумакова, Р.В. Прокопец и др. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2012. 40 с.
7. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева. Саратов: Изд-во ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2009. 212 с.
8. ГИС-технологии мониторинга плодородия орошаемых земель / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, О.Ю. Холуденева, Т.В. Корнева // Плодородие. 2006. № 1. С. 23-24.
9. Рекомендации по созданию и ведению геоинформационной системы мониторинга состояния мелиорируемых сельхозугодий Саратовской области / Н.А. Пронько, В.В. Корсак, С.В. Затиначкий, Т.В. Корнева. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007. 21 с.
10. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. ГИС - мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 6. С. 26-29.
11. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. Геоинформационная система мониторинга плодородия орошаемых почв Саратовского Заволжья // Энтузиасты аграрной науки: труды Куб. ГАУ. Вып. 9. Краснодар, 2009. С. 52-55.
12. Пронько Н.А., Корсак В.В. Управление орошаемым земледелием на основе использования информационных технологий // Научная жизнь. 2012. № 2. С. 80-87.
13. Пронько Н.А., Корсак В.В. Современные информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 3. С. 27-29.

14. Рогачев А.Ф., Скитер Н.Н., Плещенко Т.В. Разработка системы поддержки принятия решений для обоснования параметров эколого-экономических систем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 2. С. 238-242.

15. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Мозговой Д.П. Экологическая информатика: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1993. 151 с.

16. Халиков М.И. Система государственного и муниципального управления: учебное пособие. М.: Флинта, 2008. 448 с.

17. Юрченко И.Ф. Научоемкие информационные технологии в мелиоративной деятельности. - Управление экономическими системами. Электронный научный журнал. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://uecs.ru/uecs-03-32005/item/22-2011-03-19-07-05-15>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1	
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК БОЛЬШИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	4
1.1. История и основные понятия кибернетики	4
1.2. Основные понятия теории управления большими кибернетическими системами	6
1.3. Элементы кибернетических систем	7
1.4. Системы ГАИС и Киберсин	10
Вопросы для самоконтроля	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	12
Лекция 2	
УПРАВЛЕНИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ	13
2.1. Условия осуществимости управления	13
2.2. Виды управления	14
2.3. Процесс принятия решений при управлении	18
2.4. Цели управления природно-техногенными комплексами	19
Вопросы для самоконтроля	20
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	20
Лекция 3	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	21
3.1. Математические модели химических и физико-химических процессов в компонентах природы	21
3.2. Модели управления	29
Вопросы для самоконтроля	31
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	31
Лекция 4	
ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ	32
4.1. Методы оптимизации	32
4.2. Решение задачи распределения дефицитных природных ресурсов методами многоцелевой оптимизации	36
4.3. Формирование структуры природно-техногенных комплексов методом стохастической оптимизации	37
Вопросы для самоконтроля	39
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	39
Лекция 5	
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ	40
5.1. Методы экологического прогнозирования	40
5.2. Модели прогнозирования	41
5.3. Модели предотвращения, устранения, уменьшения или компенсации негативного влияния на природную среду антропогенной деятельности при природопользовании	44
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	50
Лекция 6	
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ	50
6.1. Государственные автоматизированные информационные системы	50
6.2. Концепция разработки информационных технологий поддержки принятия решений по управлению природно-техногенными комплексами	52
Вопросы для самоконтроля	53

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	54
Лекция 7	
СУЩЕСТВУЮЩИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	54
7.1. Информационно-советующие системы управления	
природно-техногенными комплексами	54
7.2. Системы мониторинга природно-техногенных комплексов	55
Вопросы для самоконтроля	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	57
Лекция 8	
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ	
УПРАВЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ	58
8.1. Информационно-советующие системы управления поливами	
и внесением удобрений	58
8.2. Автоматизированные банки данных мелиоративных наблюдений	60
8.3. Геоинформационный мониторинг	61
Вопросы для самоконтроля	61
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	63

Учебное издание

Елена Валентиновна Байдакова

Управление природно-техногенными комплексами

Методические указания

краткий курс лекций для магистров очной и заочной форм обучения
по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 11.03.2019 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п.л. 3,95. Тираж 25 экз. Изд. № 6336.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ