

Возможность использования методологического ресурса экспертных информационных систем для решения задачи выбора оптимальных способов полива и их сочетаний

Р.И. Пенькова, М.Н. Лытов, В.Н. Юшкин

Аннотация — В статье рассмотрены основные возможности экспертных систем, а также области их применения. Экспертная система, как инструмент, позволит не только помочь производителю сельскохозяйственной продукции с выбором необходимого способа полива (или их комбинации) при имеющихся показателях (почвенных, климатических и других), но и последить как изменится способ орошения если какой-либо фактор будет изменен. Совместно с сельхозтоваропроизводителями авторами был проанализирован процесс выбора способа орошения в сельскохозяйственном предприятии без применения экспертной системы и с ее использованием. На основе анализа были представлены модели «как есть» и «как должно быть» для данного процесса в нотации EPS. Установлено, что использование такой системы значительно упрощает процедуру принятия решения, а также позволяет значительно сэкономить на консультациях с экспертами. В ходе исследования была составлена таблица зависимостей выбора способа полива от каких-либо условий. На начальном этапе создания, в системе не предполагается наличие полного перечня условий, однако код программы является открытым и полностью доступным для внесения необходимых изменений. Описаны возможности бесплатной общедоступной оболочки для создания экспертных систем Expert 2.0, которая и предлагается в качестве основного инструмента для создания и визуального отображения получаемых в ходе консультации данных. Обоснована возможность создания и внедрения подобной системы в сельскохозяйственные предприятия.

Статья получена 5 июля 2022.

Р. И. Пенькова – научный сотрудник Волгоградский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Волгоград, Россия; старший преподаватель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия; аспирант кафедры «Сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства» РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия (e-mail: raja14-1@mail.ru).

М. Н. Лытов – к.с.-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник Волгоградский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Волгоград, Россия (e-mail: vkovniigim@yandex.ru).

В. Н. Юшкин – к.т.н, доцент ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия (e-mail: aup-volgau@yandex.ru).

Ключевые слова— база знаний, комбинированное орошение, орошаемое земледелие, экспертная система.

I. ВВЕДЕНИЕ

В постоянно меняющемся мире, при стремительном развитии технологий, скоплении огромных массивов данных и накопленном опыте прошлых лет вопрос принятия правильных, стратегически верных решений так и остается не закрытым. Конечно, наука и в этой области далеко не стоит на месте: массивы данных собираются в различные базы и аккумулируются, на основе накопленных сведений разрабатываются различные системы поддержки принятия решений, экспертные системы, автоматизированные системы управления. Вся эта деятельность, прежде всего, направлена на облегчение процесса принятия решения специалистами с возможностью максимального учета огромного опыта прошлого.

Начало разработки подобных программ пришлось на 70-е –80-е годы, но их предшественники «интеллектуальные машины» были предложены еще в далеком 1832 году Корсаковым С.Н. На сегодняшний день такие системы встречаются во многих сферах деятельности, начиная от сельского хозяйства и заканчивая медициной. Их востребованность обусловлена прежде всего тем, что даже самый умелый и грамотный специалист в своей области на 100% не может учесть все факторы, влияющие на какой-либо процесс, а искать других экспертов в этой области достаточно проблематично.

Экспертная система – это мощнейший ресурс, позволяющий как эксперту, так и простому обывателю найти ответ на интересующий его вопрос. Важной частью такой системы является база знаний, которая включает в себя накопленный опыт специалистов в виде модели поведения, с применением процедур логического вывода и принятия решений.

Выбор культуры, а также технологии ее возделывания, применяемые агроприемы – текущие, непрерывные и, одновременно, - стратегически важные задачи хозяйственной деятельности аграрного

производства. Важно учитывать не только потребности самой культуры, необходимость обеспечения водой, ресурсами тепла и фотосинтетически активной радиации, минерального питания, но и возможности хозяйства к ее обеспечению. Так, если выбранная для возделывания культура очень требовательна к водному режиму, а климатические условия местности не позволяют ей полноценно развиваться (естественная влагообеспеченность в период вегетации имеет дефицитный характер), то остро становится вопрос о необходимости полива [7, 11].

Цель исследований сводилась к изучению возможности создания общедоступной экспертной системы по определению оптимальных способов полива (или их комбинации), основываясь на опыте различных специалистов в области орошаемого земледелия.

II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

В основу рабочей гипотезы исследований положено предположение о возможности использования методологического ресурса экспертных информационных систем для решения задачи выбора оптимальных способов полива и их сочетания при реализации концепта комбинированного орошения. Концепт комбинированного орошения предполагает реализацию сразу нескольких способов полива, обеспечивающих комплексное регулирование факторов жизни, на базе единой технической системы. Способы и технологии полива, осуществляемые системой комбинированного орошения, при этом обеспечивают возможность индивидуального подхода к управлению факторами жизни, и наилучшим образом регулируют каждый, имеющий для растения значение, средовый параметр.

Реализация концепта экспертных информационных систем позволяет использовать их методологические ресурсы, непрерывно пополняемый в этой области опыт, проблемно-ориентированные модели поведения, процедуры логического вывода и принятия решений, - для решения задачи выбора способов полива и их сочетания при создании проектов орошаемого земледелия.

Теория экспертных систем базируется на возможности создания, приближенной к реальности, модели процесса рассуждения специалиста при решении задачи в конкретной проблемной области, что и является основным преимуществом и отличием данных систем от систем математического моделирования или компьютерной анимации.

Главными элементами структуры такой программы являются: база знаний, данные, модель представления данных и механизм логического вывода.

Под знаниями понимаются, полученные в ходе практической деятельности специалиста, данные, а также выведенные на их основе правила, законы и закономерности. В последствии, опираясь на этот материал, формируется база знаний, представляющая собой набор закономерностей, которые формируют связь между вводимой и выводимой информацией.

Данные – совокупность фактов и идей, представленных в формализованном виде, на которых основываются различные закономерности для прогнозирования.

Следующей частью экспертной системы является модель представления данных, т.е. как задаются сами знания. Важными условиями, при их внесении, являются: обеспечение доступности и удобства взаимодействия. Как правило, самыми распространенными моделями являются: продукционная, семантическая, фреймовая и формально-логическая.

Механизм логического вывода, основываясь на полученной информации из базы знаний (закономерностей и фактов) и хранящейся в рабочей памяти введенных данных, формирует и выводит пользователю полученное заключение [8, 12].

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Организация орошаемого производства, включая исследование и подготовку территории, выбор способов и технологии орошения, разработку проекта, – процесс, зависящий от большого количества факторов. В первую очередь к этим факторам относятся: материальная составляющая (стоимость установки различных систем), требования самой культуры, особенности климата местности, рельеф и почвенно-физические свойства грунтов. Учет этих и ряда других факторов необходим, чтобы принять верное решение, согласующееся со стратегией развития предприятия и обеспечивающее получение наибольшего результата при минимальных затратах ресурсов. Также важным критерием выбора является и сохранение экологической устойчивости агроландшафтов, локализации действия хозяйственной деятельности на окружающую среду, участие вовлекаемых ресурсов только в малых, - локальных круговоротах [10, 11]. Выбор способов полива, сочетаемых в рамках единой технологии комбинированного орошения, более сложен и требует работы высококвалифицированных узкопрофильных специалистов, которые не всегда есть в хозяйстве. Процесс консультации с вызовом сторонних экспертов чаще всего выглядит следующим образом (AS IS) (рис. 1).

У хозяйствующего субъекта возникает необходимость принятия решения о выборе оптимального способа полива. Для этого необходим учет различных факторов, начиная от климатических и заканчивая возможностями самого хозяйства. Для произведения замеров требуется специальное оборудование и умеющий с ним работать специалист. Хозяйствующим субъектом формируется запрос в специализированные организации, на вызов их сотрудников.

Приехавшие специалисты проводят целый комплекс изысканий: производятся замеры глубины залегания грунтовых вод, а также степени их минерализации, анализ физико-химического состояния почвы, оценка характеристик рельефа местности, измерение уклонов, состояния источников орошения: расстояние от него до

места установки систем орошения, качество воды и ее количество.

Собираются сведения о климате местности: наличие ветров (учет их скорости и направления), степень солнечной активности, данные о максимальных, средних и минимальных температурах и пр.

Затем, происходит выбор культуры, подходящей под возделывание в данной местности.

На следующем этапе определяются возможности хозяйствующего субъекта на закупку и установку элементов системы орошения.

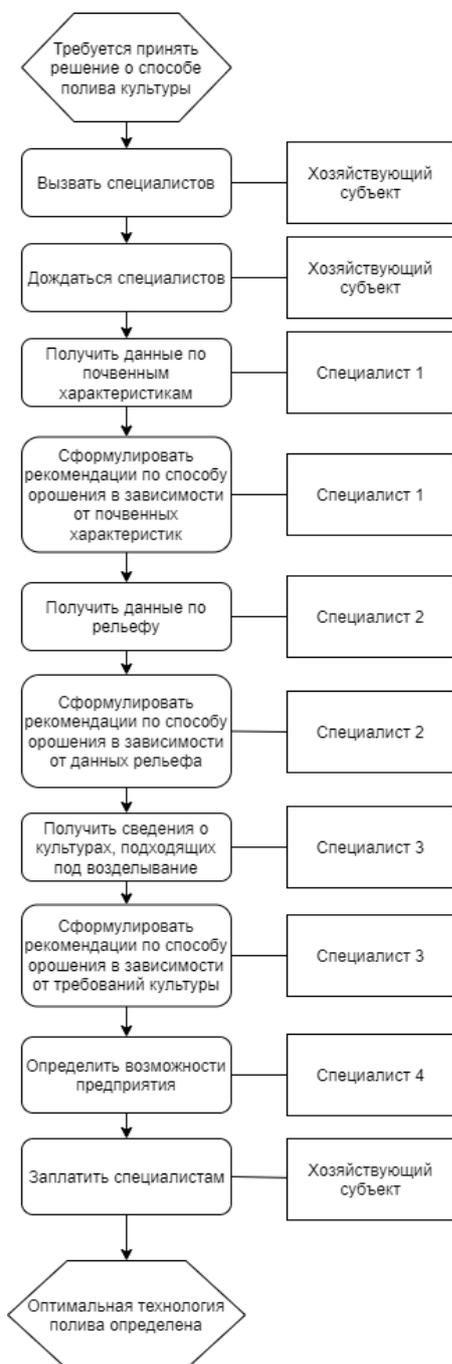


Рисунок 1 - eEPC диаграмма процесса «Выбор способа полива» без использования экспертной системы

На каждом из шагов определяются возможные и отсекаются недопустимые способы полива, в зависимости от полученных данных. Затем эти все

сведения суммируются, формируется отчет о проведенном анализе, а полученные данные передаются хозяйствующему субъекту.

Работа всех задействованных специалистов оплачивается. Результатом прохождения всех указанных выше процессов становится определение оптимального способа полива.

Сократить время и затраты на этапе определения способа орошения возможно при использовании экспертной системы [3]. Процесс, в таком случае будет иметь следующий вид: представителями хозяйствующего субъекта выполняются замеры показателей на предполагаемой территории орошения, затем полученные данные последовательно вносятся в экспертную систему путем ответа на выводимые пользователю вопросы. Программа, действуя на основе заложенных в ней правил сформирует рекомендуемый способ полива (или его комбинацию). Диаграмма процесса принятия решения в случае использования экспертной системы (TO BE) представлена на рис.2.

В первую очередь, при создании экспертной системы необходимо учитывать зависимости между способом полива, почвенными, климатическими и другими показателями [1]. Некоторые из них приведены в таблице I.

Сопоставив представленные способы орошения с возможностью использования при различных внешних условиях, мы можем определить группы вопросов для составления базы знаний экспертной системы, а затем сформулировать правила вывода решений.



Рисунок 2 - eEPC диаграмма процесса «Выбор способа полива» с использованием экспертной системы

Например, такой способ орошения как «Дождевание» и «Капельное», применимы при некоторых сложностях рельефа, но при этом, если на орошаемой территории наблюдаются сильные ветра, то более оправданным будет решение отказаться от первого способа орошения в пользу второго. Для жаркого климата предпочтительнее отказаться от «Дождевания» и применять «Капельное» или «Внутрипочвенный» способы полива (в комбинации с «Аэрозольным»), однако «Внутрипочвенный» полив не применяется в случаях, когда почвы представлены такими типами как: песчаные или супесчаные [4, 6, 9, 10].

Комбинаций подобного рода нюансов можно сформулировать достаточно, и не всегда человек, обладающий поверхностными знаниями в этой области, может принять верное управленческое решение. В таких случаях и сможет помочь экспертная система. В ней эти знания уже систематизированы, вопросы задаются последовательно и чем ближе пользователь к выводу решения, тем конкретнее они становятся [5].

Таблица 1. – Зависимость выбора способа орошения от различных факторов*

Способ орошения Условия применения	Внутрипочвенное, в том числе системы двустороннего регулирования	Поверхностное	Дождевание	Капельное	Аэрозольное	Комбинированное (капельное + аэрозольное)	Комбинированное (капельное + дождевание)	Комбинированное (дождевание + внутрипочвенное)	Комбинированное (внутрипочвенное + аэрозольное)
Почвенно-биологическая область									
Южно-таежная	+								
Листоветочно-лесная	+		+	+					
Лесостепная	+		+	+					
Степная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сухостепная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Пустынно-степная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Пустынная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Засоленность почв									
Незасоленные (<0,1%)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Слабозасоленные (0,1-0,3%)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Среднезасоленные (0,3-0,5%)		+		+	+	+	+		
Сильнозасоленные (0,5-1,2%)		+		+	+	+	+		
Солончаки (>1,2%)		+							
Мощность почв									
Мощный профиль	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Глубококоразвитый	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Среднекоразвитый	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Слабокоразвитый	+			+	+	+	+	+	+
Уровень залегания грунтовых вод									
Низкий (<2,0)				+	+	+	+	+	+
Средний (2,0...3,0)			+	+	+	+	+	+	+
Высокий (>3,0)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Степень минерализации грунтовых вод									
Низкая (<3,0)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Средняя (3,0...5,0)	+		+	+	+	+	+	+	+
Высокая (>5,0)				+	+	+	+		
Уклон местности									
Малый (<0,002)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Средний (0,002...0,005)	+		+	+	+	+	+	+	+
Большой (0,005...0,015)				+	+	+	+		
Очень большой (0,015...0,030)			+	+	+	+	+		
Скорость ветра									
Малая (< 2,5 м/с)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Средняя (2,5...6,0 м/с)	+	+		+		+	+	+	+
Большая (> 6,0 м/с)	+	+		+		+	+	+	+
Наличие дефицита водных ресурсов									
Есть	+			+	+	+	+	+	+
Нет	+	+	+	+	+	+	+	+	+

* где «+» – применимо

Для создания экспертной системы нами была выбрана оболочка Expert 2.0, она является бесплатной и общедоступной [2]. Представление знаний основывается на построении выражений, отражающих естественный ход рассуждения человека в виде «ЕСЛИ условие ТО заключение», а действия механизма вывода соответствует схеме рассуждения эксперта.

Правила заносятся в базу знаний в следующем виде (рис.3), где «правило», «то» и «кд» – ключевые слова языка представления знаний, а «n» это идентификатор правила.

```

правило(n)
объект1 = значение1
объект2 = значение2
. . .
то
объект = значение, кд=к;
  
```

Рисунок 3– Вид продукционной модели

Для того, чтобы система в режиме «Консультации» вывела вопрос и варианты ответа на него необходимо воспользоваться конструкцией, представленной на рис.4, где «разрешзн» задает возможные значения для объекта, а «вопрос» – это вопрос выводимый системой для того чтобы пользователь ответил на него в ходе консультации, путем выбора значения из списка разрешенных значений.

```

разрешзн(объект=Список_Значений)
вопрос(объект=Текст)
  
```

Рисунок 4– Схема построения вопроса

Рисунок 5 – Окно вывода вопросов

Для определения способа полива необходимо загрузить файл формата .txt в программу, затем перейти в режим «Консультация» и ввести в поле «Имя объекта» ключевое слово. В нашем случае – «Полив». После ввода программа начнет последовательный вывод вопросов (рис.5), а в конце отобразит итог консультации (рис.6)

Рисунок 6 – Окно вывода итога консультации

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимость выбора оптимальных способов орошения или их сочетаний – одна из важнейших проблем современного сельскохозяйственного производства. Посредством принятия грамотного решения на этапе планирования, можно добиться не только существенной прибавки урожайности выращиваемой культуры, но и значительно сэкономить. Благодаря различным комбинациям применяемых способов орошения, стала возможным не только доставка воды для смачивания прикорневого слоя растений, но и, параллельно с основным поливом, регулирование теплового баланса растений, защита их от заморозков и палящих лучей солнца, от различных вредителей.

Процесс принятия решения о способе орошения трудоемок и практически всегда требует консультаций с различными специалистами. Маленькие хозяйства или начинающие сельхозтоваропроизводители, как правило, не имеют в своем штате таких сотрудников, в связи с этим и возникает необходимость создания такого вспомогательного инструмента как экспертная система. Она позволит, на основе уже имеющихся данных или произведенных самостоятельно замеров, рекомендовать наиболее применимый в данных условиях способ орошения.

В ходе исследования нами были проанализированы и систематизированы знания о способах полива, а также возможностях их применения, в зависимости от различных условий. Сформулированы правила применения тех или иных способов полива, в зависимости от внешних условий. Доказано, что полученные данные возможно представить и описать посредством продукционной модели. Разрабатываемая

экспертная система предполагает наличие открытой базы знаний, которую можно будет в дальнейшем расширять и совершенствовать.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников кафедры Информационные системы и технологии ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ за помощь в разработке экспертной системы для определения оптимальных способов полива при заданных условиях.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Ю. Ф. Снопич (2011). Выбор и оценка технологий орошения. Природообустройство [Онлайн]. 1. Стр. 16-21. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-i-otsenka-tehnologiy-orosheniya>
- [2] А. М. Садыкова (2017). «Обзор программ для создания экспертных систем. Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». [Онлайн]. Доступно: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017037705>
- [3] Д. В. Меняйкин (2014). Информационные системы и их применение в АПК. Молодой ученый. [Онлайн]. 3 (62). Стр. 485-487. Доступно: <https://moluch.ru/archive/62/9258/>
- [4] Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения, ФГБНУ «Росинформагротех», Москва, 2015, 264 стр.
- [5] С. И. Макаренко (2009). Интеллектуальные информационные системы. Учебное пособие. Ставрополь, СФ МГГУ им. М. А. Шолохова, 2009
- [6] Н. Н. Дубенок, В. Г. Абезин, С. Я. Семенов, С. С. Марченко, «Совершенствование технических средств комбинированного орошения», Аграрный научный журнал, № 2, Стр. 59-63, 2018 год.
- [7] Н. Н. Дубенок, «Научные подходы к решению проблем мелиоративного комплекса Нечерноземной зоны Российской Федерации», Современное состояние и инновационные пути развития мелиорации и орошаемого земледелия : материалы международной научно-практической конференции специалистов, ученых и аспирантов, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Махачкала, сентябрь 2020, Стр. 23-35.
- [8] Ф. Г. Гаджиев, «Алгоритм представления свойств объектов экспертной системы», Международный научно-исследовательский журнал, № 4-1(82), стр. 11-13, 2019 год.
- [9] А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, А. А. Левкевич, «Выбор способа орошения сельскохозяйственных культур», Мелиорация, № 2(74), Стр. 34-47, 2015 год.
- [10] Н. Н. Дубенок, А. В. Майер, «Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур», Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование, № 1(49), Стр. 9-19, 2018 год.
- [11] Е. П. Галянин, Б. Б. Шумаков, «Принципы и пути решения проблемы комплексного регулирования факторов внешней среды», Вопросы управления комплексом факторов жизни растений, Москва, 1978. стр. 5-19.
- [12] Д. Джарратано, Г. Райли, Экспертные системы: принципы разработки и программирования. Москва, Издательский дом «Вильямс», 2007, 1152 стр.

The possibility of using the methodological resource of expert information systems to solve the problem of choosing the optimal irrigation methods and their combinations

R.I. Penkova, M.N. Lytov, V.N. Yushkin

Abstract — The article discusses the main features of expert systems, as well as their areas of application. Together with agricultural producers, the authors analyzed the process of choosing an irrigation method in an agricultural enterprise without the use of an expert system and with its use. Based on the analysis, “as is” and “as it should be” models for this process were presented in EPS notation. It has been established that the use of such a system greatly simplifies the decision-making procedure, and also allows you to significantly save on consultations with experts. In the course of the study, a table was compiled of the dependences of the choice of irrigation method on any conditions. The possibilities of a free public shell for creating Expert 2.0 expert systems are described, which is offered as the main tool for creating and visually displaying the data obtained during the consultation. The possibility of creating and implementing such a system in agricultural enterprises is substantiated.

Key words—knowledge base, combined irrigation, irrigated agriculture, expert system.

REFERENCES

- [1] Yu. F. Snipich (2011). Selection and evaluation of irrigation technologies. Environmental management [Online]. 1. Page 16-21. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-i-otsenka-tehnologiy-orosheniya>
- [2] A. M. Sadykova (2017). “Review of programs for creating expert systems. Materials of the IX International Student Scientific Conference “Student Scientific Forum”. [Online]. Available: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017037705>
- [3] D. V. Menyakin (2014). Information systems and their application in the agro-industrial complex. Young scientist. [Online].3 (62). Page. 485-487. Available: <https://moluch.ru/archive/62/9258/>
- [4] Resource-saving energy-efficient environmentally friendly technologies and technical means of irrigation, Rosinformagrotech, Moscow, 2015, 264 pages.
- [5] S. I. Makarenko (2009). Intelligent information systems. Tutorial. Stavropol, SF MGGU im. M. A. Sholokhova, 2009
- [6] N. N. Dubenok, V. G. Abezin, S. Ya. Semenenko, S. S. Marchenko, “Improvement of technical means of combined irrigation”, Agrarian Scientific Journal, No. 2, Pp. 59-63, 2018.
- [7] N. N. Dubenok, “Scientific approaches to solving the problems of the reclamation complex of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation”, Current state and innovative ways of developing melioration and irrigated agriculture: materials of the international scientific and practical conference of specialists, scientists and graduate students dedicated to the 75th anniversary Victories in the Great Patriotic War, Makhachkala, September 2020, P. 23-35.
- [8] F. G. Gadzhiev, “An algorithm for representing the properties of objects of an expert system”, International Research Journal, No. 4-1(82), pp. 11-13, 2019.
- [9] A. P. Likhatchevich, G. V. Latushkina, A. A. Levkevich, “Choice of irrigation method for agricultural crops”, Melioration, No. 2(74), Pp. 34-47, 2015.
- [10] N. N. Dubenok, A. V. Mayer, “Development of combined irrigation systems for irrigating agricultural crops”, Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education, No. 1 (49), Pp. 9-19, 2018
- [11] E. P. Galyanin, B. B. Shumakov, “Principles and ways of solving the problem of complex regulation of environmental factors”, Issues of managing a complex of plant life factors, Moscow, 1978. pp. 5-19.
- [12] D. Giarratano, G. Riley, Expert systems: principles of development and programming. Moscow, Williams Publishing House, 2007, 1152 pp.