

**УДК 639.2.05.(262.5)**

*Панов Б.Н., Троценко Б.Г., Спиридонова Е.О.*

## **КОНЦЕПЦИЯ ОТРАСЛЕВОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «МОРСКИЕ ЖИВЫЕ РЕСУРСЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА»**

### **ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

В основе предлагаемой концепции отраслевой геоинформационной системы (ГИС) «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» лежат ранее разработанные положения об океанологической информационной системе, перенесенные на базу современных технических и коммуникационных возможностей, геоинформационных технологий и потребностей общества.

Концепция предусматривает возможность включения данной отраслевой ГИС в Национальную Морскую геоинформационную систему Украины.

Современные информационные технологии в ГИС позволяют сместить приоритеты с установившейся практики использования ретроспективной океанологической и рыбопромышленной информации на оперативное ее использование [1]. Принцип ГИС-интеграции, объединяя все накопленные данные и информационные потоки в режиме реального времени, позволяет взаимодействовать данным всех типов. Изображения и модели различного типа могут быть объединены в ГИС с картографическими данными, что, расширяя возможности представления данных, позволяет осуществить схему «запрос-ответ», охватывающую различные типы данных и уровни информации.

В основе любой информационной системы об окружающей природной среде лежит мониторинг ее состояния. Существующие системы мониторинга морской среды и биоресурсов обладают общим существенным недостатком. Каждая из них ставит целью контроль ограниченного числа параметров (либо гидрофизических, либо гидрохимических, либо гидробиологических и т.д.), что не позволяет использовать их для принятия решений в области управления марихозяйственным комплексом [2]. ГИС-технологии позволяют значительно расширить перечень одновременно используемых, анализируемых и представляемых разнородных параметров. В основу ГИС может быть положена система комплексного мониторинга. Специфика ГИС определяется ее содержанием, а содержание мониторинга — природными особенностями исследуемой проблемы. ГИС — это, по существу, перенесенная на картографическую основу визуализация результатов мониторинга.

Цель создания отраслевой ГИС «МОРСКИЕ ЖИВЫЕ РЕСУРСЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА» и основные задачи, которые ей предстоит решать, в общих формулировках включают в себя создание системы обеспечения

комплексных исследований и эксплуатации морских живых ресурсов на основе современных технологий с использованием ретроспективной и поступающей в режиме реального времени океанологической и промысловой информации. Как и для всех геоинформационных систем, для предлагаемой отраслевой ГИС характерна распределенность, интегрированность, открытость и гибкость.

Использование ГИС в рыбном хозяйстве открывает новые возможности в исследовании механизмов функционирования морских экосистем промысловых районов Азовского и Черного морей, позволяет осуществить экологизацию промысла и развития марикультуры с целью сокращения непроизводительных затрат, исключения техногенных чрезвычайных ситуаций и минимизации потерь в случае природных катастроф. Удовлетворить потребности в информации всех потенциальных пользователей ГИС, ведущих работы в области изучения, освоения, охраны и воспроизводства морских биоресурсов Азово-Черноморского бассейна.

Для обеспечения работы отраслевой ГИС на базе Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО) создается информационный центр «Морские живые ресурсы».

Центр обеспечивается современными ЭВМ, программными продуктами ГИС, средствами телекоммуникации и каналами обмена информацией.

Абонентами информационной системы центра могут являться как отечественные, так и иностранные предприятия и организации промышленности, образования и администрирования, отдельные ученые, специалисты и должностные лица, заинтересованные в изучении, сохранении и эксплуатации морских живых ресурсов Азовского и Черного морей.

Приоритетность обслуживания абонентов определяется их отношением к созданию и развитию данной ГИС, ролью, которую они играют в решении научных и народнохозяйственных программ Украины.

Основные формы обслуживания: регулярный централизованный и запросно-ответный.

## **СПЕЦИФИКА СИСТЕМЫ**

Морские живые системы, являясь последним звеном иерархической цепочки в структуре морских систем, сами являются сложной совокупностью различных взаимодействующих элементов. Живые системы всех уровней — организменного, суборганизменного (клетки, ткани, органы) и надорганизменного (популяции, экосистемы, биогеоценозы, биосфера) являются сложными системами.

Обычно подчеркивают три специфических свойства живых систем [3]:

- 1 – открытость систем (обмен с окружающей средой веществом и энергией);
- 2 – самоуправляемость и саморегулируемость;
- 3 – самовоспроизводство.

Любая биологическая система может быть разделена на две подсистемы: объект и внешнюю среду, причем во вторую подсистему могут включаться, наряду с физико-химическими, и биологические факторы. Цель любой биологической системы в самом общем виде — ее самосохранение.

# **КОНЦЕПЦИЯ ОТРАСЛЕВОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «МОРСКИЕ ЖИВЫЕ РЕСУРСЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА»**

Специфичность взаимодействия физико-химических и биологических процессов различного уровня определяет особенности функционирования экосистем рыбопромысловых районов Азово-Черноморского бассейна.

Перечисленные особенности живых систем требуют включения в информационную систему «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» экологических, биологических и промысловых элементов, кроме собственно ресурсных. Это полностью соответствует принципам системного подхода к исследованию принятия решений и управления сложными системами.

## **СТРУКТУРА СИСТЕМЫ**

Схема построения и содержания отраслевой ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» представлена на рис. 1.

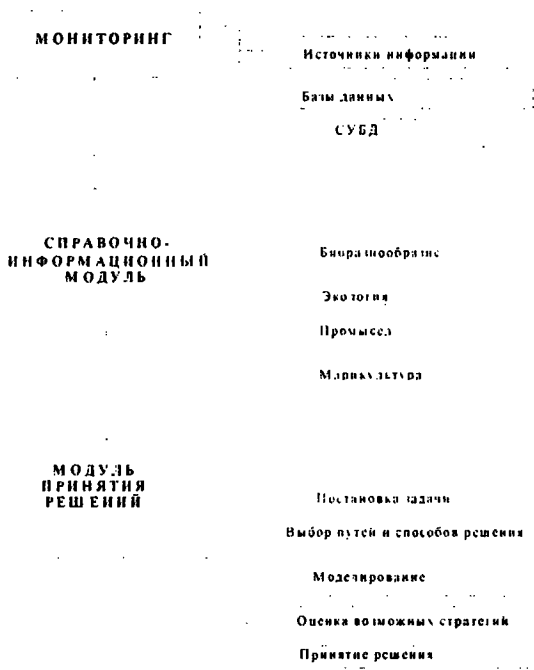


Рис. 1. Структура отраслевой ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна»

## **МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА**

Система мониторинга морских живых ресурсов предусматривает регулярное поступление информации о гидрометеорологических условиях, гидрофизических и гидрохимических процессах, загрязнении вод и донных отложений токсичными для гидробионтов веществами, биологическом состоянии, поведении, размерно-весовом составе, возрастном и видовом разнообразии морской флоры и фауны из районов промысла и научно-исследовательских работ. **Источниками информации**

являются стационарные и дрейфующие платформы/буи автоматы, научно-исследовательские, промысловые и проходящие суда, береговые контрольно-наблюдательные пункты, постоянно действующая сеть гидрометеорологических станций и постов, данные дистанционного аэрокосмического зондирования морской поверхности. Способ автоматизированной передачи данных, ее периодичность, ответственность за достоверность данных определяется «Положением об информационном центре», регламентирующем его деятельность, права и обязанности.

В рамках отраслевой ГИС концентрируются все доступные ретроспективные биологические данные и информация, когда-либо собранная в Азово-Черноморском бассейне и имеющая отношение к состоянию и эксплуатации морских живых ресурсов. Это достигается активным внутригосударственным и международным обменом массивами данных и знаний между всеми мореведческими организациями региона. Формируются **основные базы** гидрометеорологических, биологических и промысловых данных как исходных, так и полученных в результате обработки и прогнозирования, базы метаданных. Определяются назначения баз данных, как они будут использоваться и какие сведения содержать. Здесь должна быть решена проблема оптимизации содержания включенных в систему баз данных. С одной стороны, они должны удовлетворять принципу системного подхода к рассмотрению проблемы, с другой – не дублировать задачи смежных, уже существующих или создаваемых на бассейне морских ГИС. Поэтому предусматривается возможность формирования региональных и тематических взаимопроникающих суббаз данных.

Базы гидробиологических и ихтиологических данных явятся ведущими специализированными базами не только отраслевой ГИС, но и Национальной Морской ГИС Украины и будут содержать различные данные, характеризующие следующие компоненты экосистем:

- по первичной продукции;
- хлорофиллу и феофитину;
- взвешенному органическому веществу;
- бактериопланктону;
- фито-, зоо- и ихтиопланктону;
- фито- и зообентосу;
- моллюскам;
- ракообразным;
- рыбам;
- морским млекопитающим;
- гидрометеорологии;

– по загрязнению вод, донных отложений и тканей живых организмов токсичными веществами.

**Системы управления базами данных (СУБД)** должны обеспечивать пополнение и усвоение новых видов данных без перестройки исходной базы, хранение, корректировку, уничтожение, первичную обработку и систематизацию данных, восстановление различного рода физико-химических и биологических

## **КОНЦЕПЦИЯ ОТРАСЛЕВОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «МОРСКИЕ ЖИВЫЕ РЕСУРСЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА»**

полей, обработку промысловой статистики, подготовку и выдачу данных и информации в другие модули системы и потребителю.

Основными функциями СУБД являются — первичная обработка поступающих данных, расчет абсолютной численности промысловой части популяции по материалам учетной съемки, относительной численности промысловых стад, величины пополнения маточного стада, общей смертности в популяции, возможной интенсивности промысла и последующий анализ полученных результатов.

Учитывая разнородность хранящейся в базах данных информации, СУБД обеспечивают удобство выполнения расчетов, моделирования и работы с базами специалистов в различных областях знаний, сохраняя специфические особенности форматов данных и преобразовывая их к единым ГИС-форматам при их визуализации на картографической основе. Внедрение в эксплуатацию последних достижений и определение направленности разработок в области программных средств ведения баз и банков данных осуществляется на основании рекомендаций и решений управляющих администраторов ГИС и ее подсистем и по инициативе поставщиков данных и абонентов информационной системы.

Задачей СУБД может быть также и формирование баз знаний при условии достаточного количества данных для их внутренней интерпретации, увязки и структурирования. Знания, полученные в модуле мониторинга, передаются в соответствующие разделы справочно-информационного модуля и модуля принятия решений.

В процессе создания и функционирования системы проводится глубокая ревизия и разработка новых средств и методов мониторинга, баз данных и знаний.

### **СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ**

Справочно-информационный модуль характеризует вышеуказанные особенности живых систем: открытость, самовоспроизводство, самоуправление и саморегуляцию.

Экологический блок модуля содержит сведения о наиболее значимых факторах внешней среды, определяющих существование популяций видов и всего биологического сообщества в определенном местообитании.

Модуль, в основном, представляет собой набор электронных атласов, справочников и описаний, содержащих обобщенную ретроспективную информацию, характеризующую морские биоресурсы региона, акватории их добычи и развития марикультуры.

В нем также содержатся каталоги рыбопромысловых прогнозов различной заблаговременности, производимой из местного сырья рыбопродукции, текущих цен и потребностей на нее, а также законодательные и правовые аспекты рыболовства и природопользования.

Справочно-информационный модуль постоянно пополняется и обновляется за счет результатов обработки данных в модуле мониторинга и формирования новых знаний в модуле принятия решений.

По своему содержанию справочно-информационный модуль подсистемы является достаточно специфической базой знаний. Это обуславливает

необходимость разработки оригинальных специальных программных средств управления потоками запросов и информации в указанном модуле. Схема построения и содержания справочно-информационного модуля системы показана на рис. 2 и на наш взгляд не требует дополнительных комментариев.

### **МОДУЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

На современном этапе важнейшую роль во взаимодействии общества и сложных природных систем играет представление информации лицу, принимающему решения. Такое представление должно заключаться в описании альтернатив развития рассматриваемого процесса в зависимости от возможных управленческих решений или неуправляемых воздействий на систему. Эффективность принятия решений зависит не только от таланта управленца, но и от того, насколько точные и быстрые ответы можно получить с помощью имеющихся в нашем распоряжении средств системного анализа.

На рис. 1 выделены пять узловых моментов этого анализа.

Этап **постановки задачи** предусматривает установление целей работы, формулировку конкретных задач и оценку ожидаемых результатов. Задачи формулируются так, чтобы, сохраняя интересные с практической точки зрения аспекты проблемы, они могли быть решены доступными средствами. Интересный проект может оказаться неосуществленным из-за того, что принятый уровень сложности затрудняет последующее моделирование, не позволяя получить решение. С другой стороны, особенно в области биологического моделирования, многие тонкие и сложные процессы в целях получения наглядного аналитического решения огрубляются моделями настолько, что интерпретация результатов для практических целей становится невозможной.

Основные задачи ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» — это задачи экологического и рыбопромыслового прогнозирования, оценки запаса морских биоресурсов, выбора районов создания марихозяйств, мероприятий по охране морских живых ресурсов, перспектив добычи морепродуктов, общего хозяйственного и социального развития региона, правовые аспекты природопользования.

**Выбор путей и способов решения задачи** является, по сути, выбором технологии получения необходимого конечного продукта. Нам представляется, что кроме разработки альтернативных решений и последующего выбора одного из них целесообразно использовать библиотеки моделей решения конкретной задачи с целью интеграции этих решений. Такой подход позволяет всесторонне рассмотреть изучаемый вопрос, не замыкаясь в рамках одной альтернативной модели, отражающей тот или иной взгляд на задачу. В контексте рассмотрения проблем рационального использования морских живых ресурсов такой подход представляется более перспективным по сравнению с преобладающим в настоящее время подходом к рыбопромысловому прогнозированию, основанном на моделях динамики численности промысловых объектов. Этот подход не дает удовлетворительных результатов на этапах краткосрочного и оперативного

прогнозирования промысловой обстановки, где существенную роль начинают играть условия окружающей среды.

Этап **моделирования** и анализа обеспечивает преобразование исходной информации в решении поставленных задач. Моделирование начинается со сбора информации, которая может быть использована для определения зависимостей между входными и выходными переменными. Аналитическое представление таких зависимостей осуществимо далеко не всегда. В этом случае взаимосвязи могут быть представлены графически или в виде таблиц. Полученная зависимость проверяется по известным значениям выходных переменных. Однако такая проверка часто невозможна. Характерными примерами служат модели динамики и глобальных процессов биосферы [4, 5]. Этап моделирования очень конкретен в каждом прикладном исследовании, так как опирается на концептуальное знание о предмете исследования. И если такого знания не хватает, то моделирование приобретает формальный характер. Формальные модели обладают, как правило, большой степенью общности, имеют аналитические решения и могут быть изящно исследованы. Однако лишь незначительная часть их может быть использована в практических целях, остальные имеют методологическое и учебное значение. Поэтому основным вопросом адекватного моделирования является наличие необходимых знаний. Поиск этих знаний производится в модуле мониторинга (в виде расчетных обобщенных показателей, характеризующих процессы), в справочно-информационном модуле (в виде известных концепций, заключений и баз знаний), либо эти знания формируются внутри рассматриваемого модуля.

Особое значение при моделировании экологических систем и процессов отводится выделению управляющих факторов и интегральных показателей состояния экосистем, оценкам уровня антропогенного воздействия. Кроме того, сам блок моделирования должен содержать достаточно обширную библиотеку моделей, формализованных и логических зависимостей, анализ результатов которых позволяет оперативно в автоматизированном режиме сформулировать новую гипотезу и обратиться в основную базу данных с задачей создания необходимой выборки показателей и данных или новую специализированную базу данных, определить новые задачи мониторинга, если таковых недостаточно.

Особое место в блоке моделирования должны занимать фундаментальные знания об условиях функционирования морских биосистем. Они могут представлять совокупность основных закономерностей, моделей, аксиом и фактов, общих теорий и методов. Их дополняют банки поверхностных эвристических знаний и закономерностей, имеющих ограниченное время жизни.

Основными прикладными моделями ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» являются модели определения величины запаса популяции (модель Бивертон-Холта, продукционные модели Шефера, Фокса и др.), вероятностные модели причинно-следственных взаимосвязей в экосистемах промысловых районов, динамики миграций и численности популяции, динамики состояния среды и кормовой базы, вероятностные прогностические модели возможного изъятия и промысловой обстановки (распределения объектов промысла).

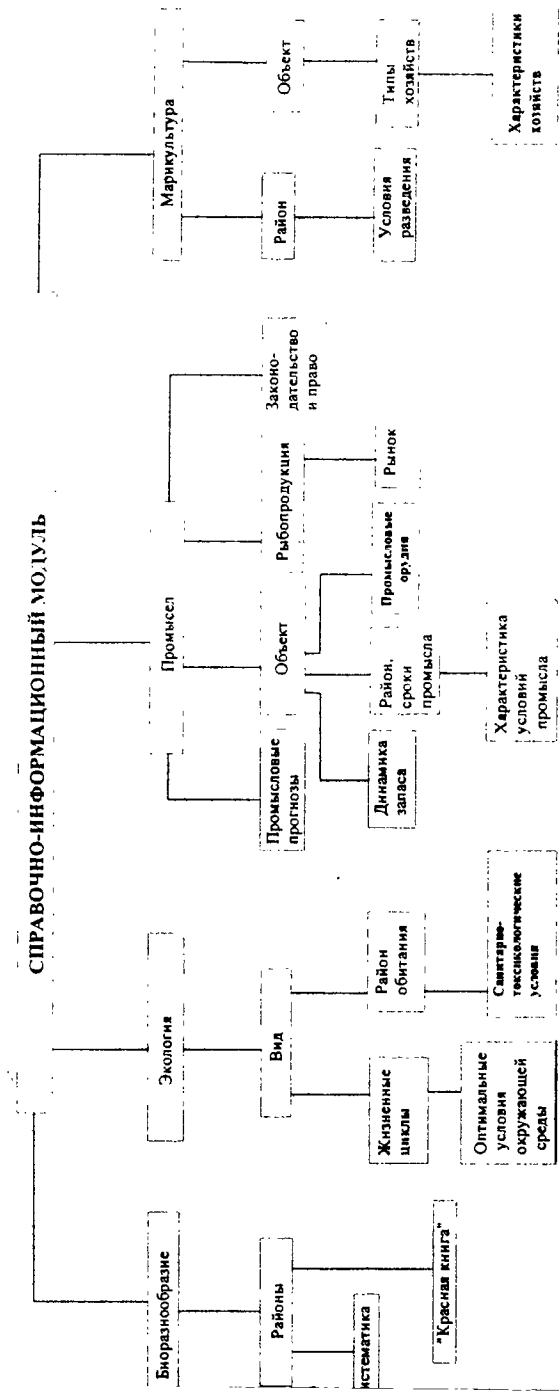


Рис. 2. Содержание справочно-информационного модуля отраслевой ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна»



Из-за нечеткости целей и недостатка информации, которые почти всегда имеют место на практике, выработка решений происходит в условиях неопределенности. Это приводит, как правило, к нескольким возможным вариантам решения. В некоторых случаях различные варианты решений появляются уже на этапе оценки допущений модели. Некорректность допущений может привести к повторным расчетам с учетом новых предположений. Использование статистических данных позволяет применять вероятностный подход в процессе моделирования.

Собственно оценка полученных результатов и основанных на них вариантов стратегии является проблемой принятия решений. Процесс этот начинается с ранжирования возможных вариантов по предпочтительности. В современной практике широко распространено интуитивное оценивание вариантов решений, которое зависит от интеллектуальных способностей и опыта эксперта. Этот подход не позволяет количественно сравнивать между собой полезности различных стратегий. Формальный подход к оценке решений заключается в определении суммарного критерия полезности, в производстве расчетов по существующим алгоритмам показателей эффективности, входящих в данный критерий, в определении оптимального решения по заданному критерию с учетом оценки степени риска его реализации.

Следует особо подчеркнуть важность творческой составляющей процесса принятия решений, от которой зависит определение информационной ситуации, формирование множества решений, задание основных показателей эффективности или полезности, принятие по выбранному критерию оптимального решения, так как оно может оказаться не единственным.

Наиболее характерным примером необходимости выбора оптимального решения служит ситуация наличия промысловых прогнозов одного назначения, полученных на различной информационной основе (внутрипопуляционных показателях или показателях условий среды).

Сейчас все больше специалистов по оптимизации решений в прикладных областях приходит к выводу, что строгие оптимальные решения в реальных задачах нужны далеко не всегда. Обычно можно удовлетвориться так называемыми субоптимальными решениями, отвечающими основным ограничениям и представляющими собой компромисс между набором зачастую противоречивых показателей качества. Принятие субоптимальных решений позволяет использовать более простые модели и более бедную информационную базу, что очень важно для исследований в области морских биоресурсов.

Процедура выбора решения должна использовать все возможности наглядного представления информации, знаний и решений в интерактивном режиме и мультимедийных системах ГИС-технологий. К примеру, ГИС-технологии дают возможность строить весьма сложные прикладные программы для пространственного анализа, такие как модель нахождения «пути наименьшей стоимости» между несколькими точками исходных данных и точкой цели с использованием нескольких полей решений как «поверхностей стоимости».

ГИС позволяет привлекательно представить информацию. Географическое моделирование — мощный способ информировать и убеждать других. Работа

«географически» дает возможность понять связь между факторами, влияющими на принятие решений в области природопользования, позволяет принимать более качественные, обоснованные решения и делать это быстрее.

### **Список литературы**

1. Еремеев В.Н., Суворов А.М., Владимиров В.Л. и др. Концепция национальной системы сбора, передачи, хранения, анализа и обеспечения пользователей океанологической информацией//Сб. научн. тр. АН Украины: Океанологические информационные системы, базы и банки данных и знаний. – Севастополь: МГИ, 1993. – С. 6-69.
2. Попов А.Ю. Проблемы организации знаний в экспертных системах Сб. научн. тр. АН Украины: Океанологические информационные системы, базы и банки данных и знаний. – Севастополь: МГИ, 1993. – С. 96-100.
3. Ляпунов А.А. О кибернетических вопросах биологии//Проблемы кибернетики. – М., 1972. – Вып. 25. – С. 5-39.
4. Крапивин В.Ф., Свиричев Ю.М., Тарко А.М. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов. – М., 1982. – 272 с.
5. Форестер Дж. Мировая динамика. – М., 1978. – 167 с.

*Поступило в редакцию 15 октября 2001 г.*