

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
АНАЛИЗА ДАННЫХ В ГИС
«МОРСКИЕ ЖИВЫЕ РЕСУРСЫ
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО
БАССЕЙНА»**

С.С. Смирнов, Б.Н. Панов

Южный научно-исследовательский
институт морского рыбного хозяйства
и океанографии
г. Керчь, ул. Свердлова, 2
E-mail: panov_bn@mail.ru

Новая версия отраслевой геоинформационной системы «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна», созданная на базе системы свободного программного обеспечения KOSMO усовершенствована рядом возможностей пространственного анализа, что позволяет: поддерживать общепринятый формат хранения и передачи географической информации – GML; использовать спутниковую информацию; создавать и редактировать картографические объекты векторного типа и т.д. Рассмотрены возможности решения проблем обусловленных высокой изменчивостью трехмерной конфигурации картируемых объектов.

Введение. В технологическом аспекте ГИС является средством сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения пространственно-координированной информации. С производственной точки зрения ГИС – это комплекс аппаратных устройств и программных продуктов, предназначенных для обеспечения управления и принятия решений, причем важнейший элемент этого комплекса – автоматические картографические системы.

Будучи основанной на целостном и междисциплинарном подходе, ГИС облегчает анализ собранных данных и, в частности, эффективное распознавание пространственных соотношений и возможность составления высококачественных географических карт.

Проблематика морских ГИС обусловлена спецификой исходных данных и высокой сложностью самой исследуемой природной системы. Что касается данных, то практически все они распре-

делены в трехмерном пространстве (3D), а не в двухмерном, как у большинства «традиционных» ГИС. То есть глубина является для них важным параметром. Также для картируемых объектов (особенно биологических) в морских ГИС характерна высокая изменчивость пространственной конфигурации и значений измеряемых параметров.

На современном этапе развития геоинформационных технологий не существует единого и универсального способа решения этих проблем, однако присутствует ряд перспективных разработок для их решения.

Существенно упростить картирование морских объектов в ГИС позволяет использование навигационной системы GPS. Однако следует учитывать, что GPS обладает рядом недостатков, присущих всем радионавигационным системам. То есть при определенных условиях сигнал может не доходить до приёмника, или приходиться со значительными искажениями или задержками: например, при очень большой облачности или наличии помех, вносимых другими радиисточниками.

Программные продукты ГИС все активнее используют возможности, предоставляемые глобальной сетью Интернет. Таким образом, ГИС получает доступ (кроме собственных баз данных) к различным тематическим картам и ежедневно обновляемым спутниковым снимкам, размещаемым в сети Интернет.

ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» разрабатывается в Южном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО) с 2006 года. Спроектирована и начала создаваться база данных ГИС, разработано специализированное программное обеспечение для импорта данных и для базовой интеллектуализации ГИС. Для создания и администрирования базы данных применено сопутствующее программное обеспечение сервера баз данных MySQL 5.0: MySQL Administrator, MySQL Query Browser, MySQL Monitor, MySQL ODBC connector.

Для разработки специализированного программного обеспечения использо-

вана интегрированная среда разработки приложений (IDE) Delphi 7.

В качестве ГИС-клиента была использована система KOSMO, являющаяся результатом объединения разработок испанской компании SAIG и ряда проектов с открытым исходным кодом.

Особенности ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» представлены в ряде работ [1 – 3].

Обеспечение импорта и использования в ГИС спутниковой информации. Наиболее приспособлены для анализа спутниковых изображений растровые ГИС, поскольку данные дистанционного зондирования, полученные в цифровом виде, представляют собою растр. Однако обработка спутниковых данных в рамках этих ГИС имеет определенные ограничения, которые связаны с ограниченностью набора операций, реализованных в конкретной ГИС, причем наибольшие проблемы возникают при интеграции данных спутниковых наблюдений в систему. Вследствие разнообразия спутниковой аппаратуры, проводящей измерения, типов орбит спутников, форматов записи данных и, наконец, специфики решаемых задач, чаще всего возникает необходимость в создании программного обеспечения, расширяющего возможности растровой ГИС.

Применение в ГИС спутниковой информации дает компетентному пользователю дополнительные возможности для выполнения более качественного и комплексного пространственного анализа, и соответственно, принятые на основе этого анализа решения оказываются более точными.

Спутниковая информация представлена, как правило, спутниковыми снимками, полученными в различных спектральных диапазонах (напр., видимый спектр, инфракрасный спектр). Обычно эта информация доступна для конечного пользователя в виде графических файлов различных форматов (JPEG, BMP, TIFF, GeoTIFF и др.). Для использования в ГИС наиболее удобными данными растрового типа являются те, которые имеют картографическую привязку, например, такие форматы как GeoTIFF, ECW или MrSID.

Весьма подходящим для целей использования спутниковых данных в ГИС является проект MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – визуализирующий данные спектрорадиометр среднего разрешения), выполняемый NASA. В рамках этого проекта два спутника – Terra и Aqua ежедневно предоставляют две серии снимков (утреннюю и дневную) в различных спектральных диапазонах. Оперативность обновления снимков на сайте проекта MODIS составляет несколько часов.

Данные, предоставляемые спутниками проекта MODIS, призваны улучшить понимание глобальных процессов динамики на земной поверхности, в океанах и в нижних слоях атмосферы. Поэтому этот проект играет важную роль в разработке различных прогностических моделей и стратегии принятия решений, касающихся проблем охраны окружающей среды [4].

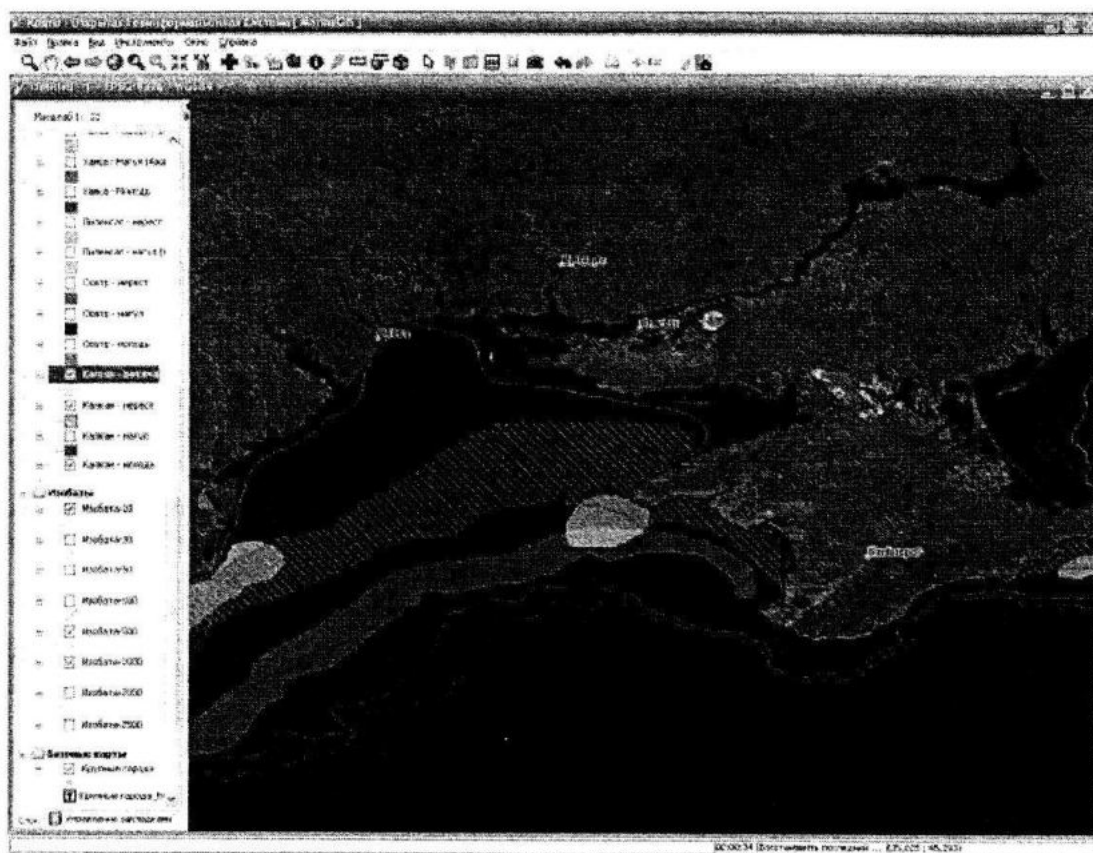
Помимо доступности и оперативности, еще одним важным достоинством спутниковой информации, предоставляемой в рамках проекта MODIS, является формат снимков GeoTIFF, обеспечивающий картографическую привязку полученных данных. То есть, растровое изображение снимка с ИСЗ после загрузки в ГИС-проект размещается в нужном месте используемой электронной карты с масштабом, соответствующим текущему масштабу карты ГИС.

В ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» обеспечено подключение снимков проекта MODIS в различном качестве: от 0,25 км/пиксел (среднее разрешение) до 2 км/пиксел (низкое разрешение).

Помимо данных проекта MODIS, к ГИС подключены спутниковые снимки, полученные в рамках проекта True Marble, реализованного компанией Uearthed Outdoors в 2008 г. [5]. Эти данные представляют собой мозаику, созданную на основе специально отобранных снимков спутника Landsat 7 ETM+ (1999–2002 гг.) с минимумом облачного покрытия и наилучшим представлением растительного покрова Земли. При помощи фирменного алгоритма их палитра была приведена к так называемой гамме естественных цветов. По

сути дела, такие снимки представляют собой достаточно качественную растровую подложку, полученную на основе набора спутниковых снимков в видимом спектре (рис. 1). В свободном доступе

находятся данные с качеством до 250 м/пиксел (форматы GeoTIFF и PNG). Качество снимков, предоставляемых на коммерческой основе, составляет 15 м/пиксел (высокое разрешение).



Р и с. 1. Использование в ГИС растровых данных True Marble

Интерполяция пространственных данных в ГИС. Одной из распространенных задач при выполнении пространственного анализа данных является их интерполяция. В системе Kosmo, использованной в ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна», реализована интерполяция по методу обратных расстояний (*Inverse distance interpolation*).

Для выполнения интерполяции данных необходимо выбрать слой и параметры интерполяции, а также имя графического файла, в котором будут сохранены результаты, и путь к нему. Результаты интерполяции являются данными растрового типа и сохраняются в файлы формата TIF с картографической привязкой.

После проведения интерполяции слой с результирующим графическим

файлом добавляется в список слоев, но является по умолчанию невидимым. Поэтому после выполнения процедуры необходимо включить его видимость.

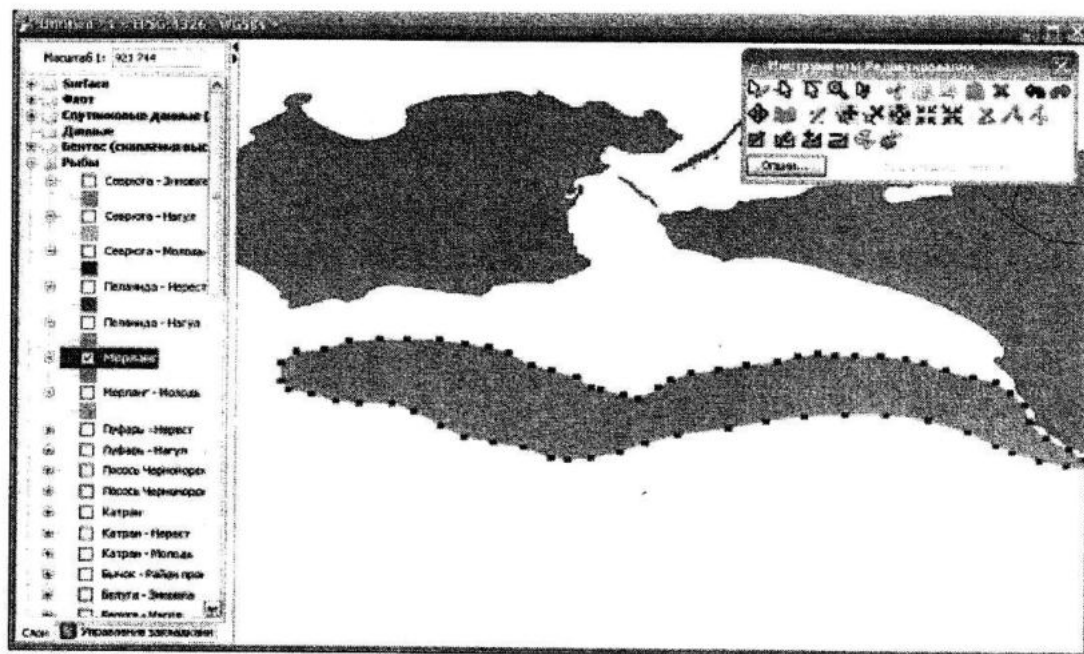
В качестве примера на рис. 2 проведена интерполяция солености в поверхностном слое воды в августе с 1980 по 2000 гг.

Электронные карты зимовальных, летних нагульных скоплений и зон нереста для различных видов рыб Азовского и Черного морей. Эти электронные карты являются пространственными данными типа «полигон» (*polygon*) – то есть областями, ограниченными замкнутыми ломаными линиями. Полигоны относятся к данным векторного типа. Для создания и редактирования полигонов в рассматриваемой ГИС используется система Kosmo, поскольку она обладает большим набором функций

ские показатели. Их адекватность может быть оценена по материалам полигонных исследований, позволяющих выделить зоны с различным характером циркуляции.

Для вертикальной плотностной структуры вод Черного моря и предпо-

лагаемых связей с геострофической циркуляцией наиболее интересны распределения высоких и низких значений глубины залегания основного черноморского галоклина (H_s) и градиента солёности в нем (J_s) как показателей зон подъема и опускания вод.



Р и с. 3. Пример редактирования векторных данных с помощью системы Kosmo. Вершины объекта выделены точками

Из выполненного в ЮгНИРО анализа [15] следует, что идентифицировать зоны геострофической циркуляции вод можно используя одновременно обе характеристики галоклина H_s и J_s , сочетания высоких (H_sB , J_sB) и низких (H_sH , J_sH) значений этих показателей:

Это позволит по-новому подойти к прогнозированию био- и рыбопродуктивности вод моря с учетом изменения

размеров и интенсивности различного рода перемещающихся гидродинамических образований.

Массив станций, характеризующих зоны циркуляции вод Черного моря, размещен в ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» в формате, представленном в табл. 1 и может быть использован в исследованиях.

Т а б л и ц а 1

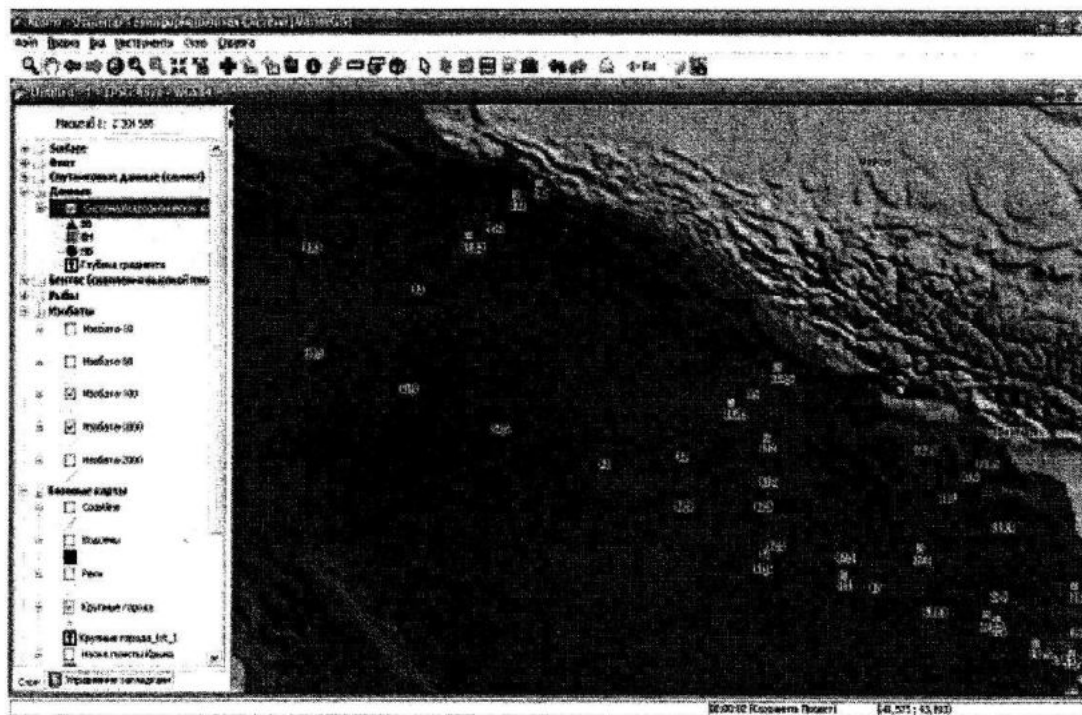
Формат хранения данных в БД ГИС по зонам циркуляции вод Черного моря

Названия полей в базе данных	Пояснение
Type	Тип галоклина
Latitude, Longitude	Координаты станции
Max Gradient	Максимальный градиент
Gradient Depth	Глубина залегания градиента, м
Shore Distance	Расстояние до берега, км
VesselCode	Позывной судна
CruiseYear	Год рейса
CruiseMonth	Месяц рейса

Пример отображения в ГИС такого рода информации приведен на рис. 4 (цвет и форма условных обозначений отражают тип галоклина, цифрами показана глубина его залегания).

Основные проблемы при картировании объектов в морских рыбохозяй-

ственных ГИС и возможные способы их решения. Особенности пространственного распределения картируемых морских биологических объектов требуют перехода от двухмерного к трехмерному пространству и вовлечения четвертого измерения – времени.



Р и с. 4. Пример отображения в ГИС информации о типе галоклина и глубине его залегания

На современном этапе развития геоинформационных технологий эти проблемы не имеют готового и однозначного решения. Наиболее перспективными подходами являются:

- повышение плотности съема данных (как в пространстве, так и по времени), что эффективнее позволяет выявлять динамику измеряемых величин и проводить их анализ;
- использование (на уровне программного обеспечения) специализированных типов данных (*common marine data types*) и связанных с ними процедур, что реализовано в рамках проекта *arc marine – arcgis marine data model project* [16];
- применение специализированного программного обеспечения, ориентированного на отображение и анализ данных в трехмерном пространстве с учетом времени (рис. 5);

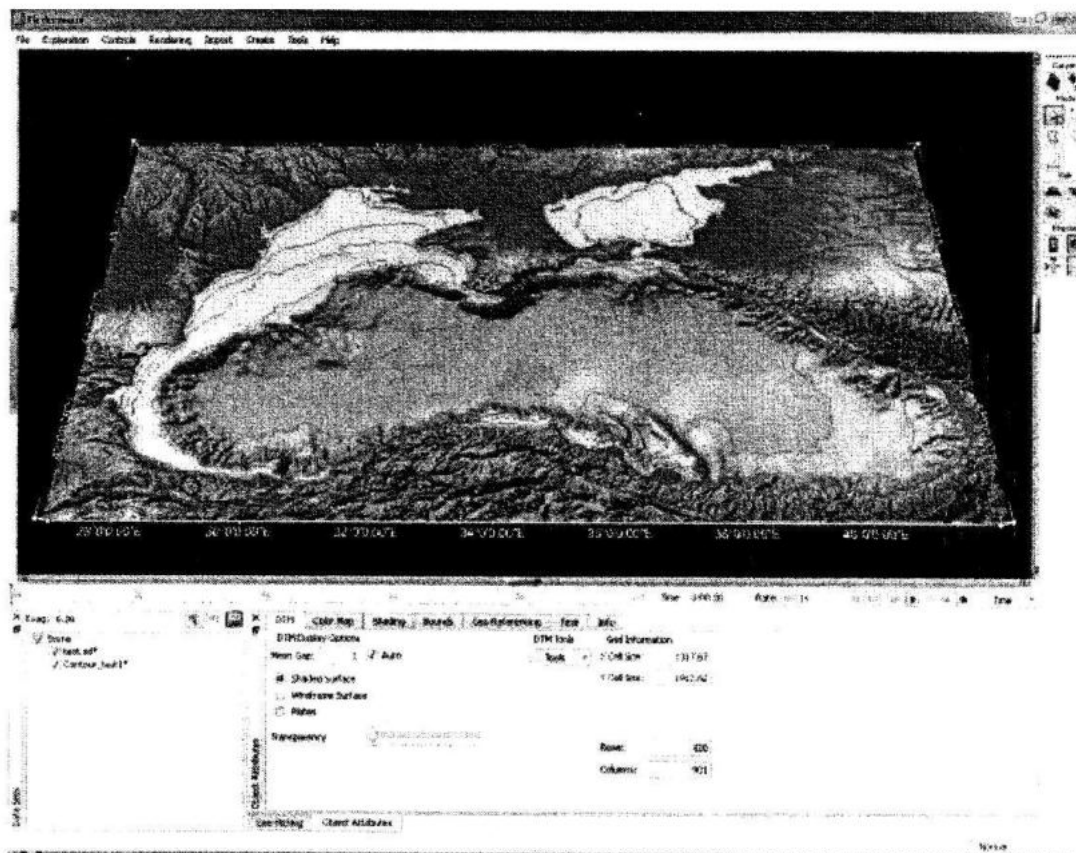
- внедрение концепции динамических слоев;
- использование математических моделей (прогностических, интерполяционных и др.) для максимально эффективного использования имеющихся ограниченных данных.

Для отображения и анализ данных в трехмерном пространстве с учетом времени можно выделить коммерческую программу *Fledermaus*, разработчик – *Interactive Visualization Systems, Inc.* Достоинством этого программного продукта является поддержка форматов данных, распространенных в ГИС.

В технологии динамических (временных) слоев каждый слой содержит в себе объекты, которым помимо заданного пространственного положения, соответствуют определенные дата и время. Это позволяет отслеживать изменения пространственного положения объекта заданного слоя с течением времени, а

также может оказать помощь при решении задач прогноза положения картируемого объекта и математического моделирования процессов, оказывающих

влияние на изменение его пространственных характеристик.



Р и с. 5. Пример отображения данных топографии и батиметрии в виде трехмерной карты с помощью программы Fledermaus.


Использование в ГИС системы GPS. Дополнительные возможности по развитию картирования предоставляют устройства, использующие глобальную навигационную систему GPS.

Поддержка GPS-устройств в ГИС может быть прямой и опосредованной. При прямой поддержке между ПК с установленной ГИС и GPS-приемником устанавливается соединение (напр. по каналу USB или Bluetooth) и информация с приемника переносится на ПК для использования в среде ГИС. Этот процесс может проходить в режиме реального времени (и тогда на карте ГИС отображается текущее положение приемника), либо в ГИС переносятся данные, ранее сохраненные в памяти GPS-устройства. В случае опосредованной поддержки данные считываются с GPS-приемника и вводятся в ГИС вручную.

Применение GPS-приемников в ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» позволяет значительно упростить процесс картирования различных морских объектов. При перемещении в картируемой области GPS-приемник может фиксировать как маршрут перемещения, так и отдельные точки на маршруте. Затем точкам присваиваются определенные атрибутивные данные (например, показатели концентрации зоопланктона в местах взятия проб), после чего полученные электронные карты сохраняются в одном из распространенных среди ГИС форматов для дальнейшего их использования.

Кроме этого. Для удобства работы в ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» пользователь может создать и систематизировать собственный набор закладок для быстрого

перехода в интересующие его районы карты ГИС.

В ряде случаев у пользователя может возникнуть необходимость распечатать отображенную на экране карту. Для этого в нашей ГИС предусмотрена возможность распечатки карт с их предварительной настройкой или «Снимок с экрана», позволяющая сохранить текущее изображение на карте ГИС в графический файл для его последующего использования. Для сохранения текущего изображения на карте ГИС в графический файл необходимо выбрать на панели инструментов значок с изображением фотоаппарата  и в появившемся окне указать имя графического файла и путь к нему. Карта ГИС будет сохранена в графический файл формата JPEG. Причем, вместе с графическим файлом создается и сохраняется одноименный файл формата JGW. Этот файл отвечает за картографическую привязку растровых данных в JPEG-файле в случае его импорта в ГИС-проект.

Заключение. Усовершенствованная версия отраслевой геоинформационной системы «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» обладает рядом преимуществ по сравнению с предыдущей базовой версией [3]. В частности она позволяет:

- использовать спутниковую информацию;
- производить интерполяцию данных;
- создавать и редактировать картографические объекты векторного типа (точки, линии, полигоны);
- выполнять распечатку карт с их предварительной настройкой;
- поддерживать общепринятый формат хранения и передачи географической информации – GML;

В разработанной версии ГИС имеется возможность представления циркуляции черноморских вод через распределение типов основного галоколина.

Усовершенствованная версия отраслевой геоинформационной системы «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» обладает потенциалом для дальнейшего развития,

направленного на совершенствование функциональности системы.

Наиболее перспективными методами решения проблем при картировании объектов в ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» являются:

- повышение плотности съема данных (как в пространстве, так и по времени), что позволяет эффективнее выявлять динамику исследуемых объектов и показателей, получать о них более полную информацию;
- использование на уровне программного обеспечения специализированных типов данных и связанных с ними процедур обработки пространственной информации (проект Arc Marine);
- применение специализированного программного обеспечения, ориентированного на отображение и анализ данных в трехмерном пространстве с учетом времени;
- реализация концепции динамических слоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Панов Б.Н., Троценко Б.Г., Спиридонова Е.О.* Концепция отраслевой геоинформационной системы «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» // Естественно-биологические и экологические проблемы Восточного Крыма. Сборник. – Симферополь: Таврический НУ им. В.И. Вернадского, 2001. – С. 99 – 108.
2. *Смирнов С.С., Панов Б.Н.* О разработке геоинформационной системы «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» // Рыбное хозяйство Украины – № 6 (59). – 2008. – С. 54 – 58.
3. *Панов Б.Н., Смирнов С.С.* Отраслевая ГИС «Морские живые ресурсы Азово-Черноморского бассейна» // Труды ЮгНИРО, т. 46, 2008. – С. 133–137.
4. *Сайт* проекта MODIS: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>
5. *Сайт* компании Unearthed Outdoors: <http://www.unearthedoutdoors.net/>
6. *ESRI Shapefile Technical Description White Paper* // Environmental Systems

- Research Institute, – Inc.: Redlands, CA. – 1998.
7. Бивертон Р., Холт С. Динамика численности промысловых рыб. – М., 1969. – 248 с.
 8. Бочаров Л.Н. Системный анализ в краткосрочном рыбопромысловом прогнозировании. – Л.: Наука, 1990. – 207 с.
 9. Виноградов М.Е., Елизаров А.А., Моисеев П.А. Биологическая продуктивность динамически активных зон открытого океана // II съезд советских океанологов: Исследования океана. – М.: Наука, 1984. – С. 107–127.
 10. Дёмин Ю.Л., Елизаров А.А., Щербинин А.Д. Океанографические условия, определяющие пространственную неравномерность биопродуктивности вод на примере Атлантического океана // Океанографические исследования промысловых районов Мирового океана. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – С. 27 – 49.
 11. Панов Б.Н. Влияние циркуляции вод на урожайность хамсы в западной части Черного моря // Океанология. – 1998. – Т. 38. – № 2. – С. 236 – 243.
 12. Панов Б.Н., Спиридонова Е.О. Гидрометеорологические предпосылки формирования промысловых скоплений и миграций черноморской хамсы в юго-восточной части Черного моря // Океанология. – 1998. – Т. 38. – № 4. – С. 573 – 584.
 13. Sharp G.D. et all. Modelling fisheries. – Wot was the question? // FAO. Fisheries. – 1983. – Vol. 3. – No 291. – Pp. 1173 – 1217.
 14. Panov B., Trotsenko B., Burlenko T. Dynamically active zones of the world ocean and fish abundance // Fish GIS 1st International Symposium Sietle, March 1999. – Sietle, 1999. – P. 386 – 391.
 15. Панов Б.Н. Связи океанографических характеристик вод юго-восточной части Черного моря // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2008. – С. 282 – 286.
 16. Wright D.J., Blongewicz M.J., Halpin P.N., Breman J. Arc Marine: GIS for a Blue Planet. – Redlands, CA: ESRI Press, – 2007. – 202 p. (<http://dusk.geo.orst.edu/djl/arcgis/>).