

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОЛЯ СКОРОСТИ ЗВУКА МОРЯ (РАЙОНА МОРЯ)

*М.М. Дивизинюк, И.П. Шумейко,  
Л.В. Третьякова, О.В. Матузева*

Севастопольский национальный  
университет ядерной энергии  
и промышленности  
г. Севастополь, ул. Курчатова, 7

*Рассматривается функциональная структура геоинформационной системы, позволяющая получить горизонтальное распределение по трём фиксированным горизонтам на выбранную календарную дату и вертикальное распределение на этот же день по указанным географическим координатам.*

**Введение.** Одним из актуальных направлений региональных научно-исследовательских работ является информационное обеспечение компьютерных технологий для геологических, геохимических, геофизических исследований территории Украины, материков, океанов и их отдельных структурных элементов, реализуемых геоинформационными системами (ГИС) [1]. ГИС представляет собой совокупность аппаратных и программных компьютерных средств, географических данных, персонала, предназначенная для эффективного сбора, хранения, корректировки, манипуляции, анализа и отображения в разнообразных формах географически привязанной информации [2]. Вместе с тем, развитие науки и технологий, применяемых в задачах, использующих географические данные, привело к расширению смысла и значения ГИС [3]. К 2005 году сложились сферы развития ГИС. Первая – Systems (системы) симбиоз технологий и средств (аппаратных и программных). Вторая – Science (наука) фундаменталь-

ные основы ГИС, вытекающие из опыта использования в разных предметных областях. Третья – Study (изучение) систематическое исследование по внедрению и использованию географической информации в разных предметных областях. Четвёртая – Services (услуги) реализация хранилищ знаний и данных, связанных с ГИС (всех уровней и видов). Именно с позиций последней четвертой сферы исследований и будем рассматривать ГИС поля скорости звука моря (района моря).

**Постановка цели и задач научного исследования.** Целью данной работы является разработка функциональной структуры геоинформационной системы поля скорости звука моря (района моря).

Для достижения поставленной цели необходимо последовательно решить следующие научные задачи. Первоначально рассмотреть свойства поля скорости звука и элементы его вертикальной стратификации. Затем предложить функциональную структуру геоинформационной системы поля скорости звука моря (района моря), позволяющую прогнозировать его элементы на любой момент времени.

**Поле скорости звука и элементы его вертикальной стратификации.** Скорость распространения звука является функцией многих переменных, характеризующих состав и термодинамическое состояние морской воды. Количественную зависимость скорости звука от этих переменных называют уравнением скорости звука. В настоящее время известно достаточное количество эмпирических зависимостей. Это формулы Верха, Вильсона, Вуда, Дель-Гроссо, Дж. Пага, Полосина, Ловетта, Фрая и других. Большинство из них представлено в виде разложения в степенной ряд:

$$C_{STP} = C_{000} + \Delta C_T + \Delta C_S + \Delta C_P + \Delta C_{STP}$$

В отличие от косвенных расчетов скорости звука, прямые измерения осно-

ваны на классическом определении понятия скорости (скорость – это первая

производная расстояния по времени ( $C = dl/dt$ ). Эти методы сводятся к измерению длины и времени. Их реализация в измерителях скорости звука фазовых, резонансных, дифракционных, импульсных, импульсно-циклических и других позволяет при прямых измерениях скорости звука *in situ* производить их с относительной погрешностью до 0,01 м/с.

Скорость звука – это вторичная гидрологическая характеристика. По своей природе она случайна и систематически меняется как в пространстве, так и во времени, по аналогии с температурой, соленостью и плотностью скорость звука является функцией координат и времени:

$$C = f(x, y, z, t).$$

Совокупность ее значений во всем морском пространстве или ограниченной ее области называется полем скорости звука.

В горизонтальном распределении скорости звука целесообразно выделить зоны с увеличенными горизонтальными градиентами скорости звука, которые называются фронтальными зонами или фронтами. Строго говоря, фронтом в океанологии называется поверхность раздела двух разнородных водных масс или узкая переходная зона с экстремальными градиентами физико-химических характеристик между ними.

Вертикальная структура поля скорости звука сложна и многообразна. Анализ массивов, накопленных экспериментальных данных профилей скорости звука в морях и океанах, позволяет выделить следующие типовые элементы вертикальной стратификации поля скорости звука.

Подводный звуковой канал (подводный волновод). Это такое распределение скорости звука, при котором скорость звука с глубиной первоначально понижается до какого-то минимального значения, а затем возрастает. Горизонт, где

скорость звука минимальна, называется осью подводного звукового канала. ПЗК могут быть симметричными и несимметричными, узкими и широкими, ярко (контрастно, сильно) и слабо выраженными. Частым случаем подводного волновода является приповерхностный звуковой канал, когда минимальное значение скорости звука на поверхности и скорость звука возрастает с глубиной.

Антиволновод – это такое распределение скорости звука, при котором скорость звука с глубиной первоначально возрастает до какого-то максимального значения, а затем убывает. Горизонт, на котором скорость звука максимальна, называется осью антиволновода. По аналогии с ПЗК антиволновода могут быть симметричными и несимметричными, узкими и широкими, сильно и слабо выраженными.

Слой скачка скорости звука. По аналогии с основными гидрологическими характеристиками это слой, в котором происходит резкое изменение скорости звука с глубиной, где вертикальный градиент скорости звука достигает наибольшего значения. Он может быть положительным, когда скорость звука возрастает, и отрицательным, когда скорость звука убывает.

Используя эти элементы вертикальной стратификации, можно описать любой профиль скорости звука

Функциональная структура геоинформационной системы поля скорости звука. Основу построения ГИС поля скорости звука составляет банк данных изменений (зондирования) скорости звука за полувекковой период. Первые из зондирований, начиная с конца сороковых годов, выполнялись термобатиграфами, на основе которых строились профили скорости звука. Затем база пополнялась и расширялась за счёт исследований, выполняемых уже более совершенными приборами. На основании этой базы данных с использованием интерполяционных методик к концу двадцатого столетия были построены кар-

ты-схемы, которые отражали горизонтальное строение поля скорости звука для основных климатических сезонов.

Поскольку для южных (субтропических) морей характерны два относительно продолжительных сезона – зимний (декабрь – март) и летний (июнь – сентябрь), и два переходных сезона – весенний (апрель – май) и осенний (октябрь – ноябрь), то карты-схемы строились с максимальным приближением к середине сезона. Для зимнего периода – это первое февраля, для летнего – первое августа, для весеннего – первое мая, для осеннего – первое ноября. Изолинии на картах-схемах проходят с интервалом два м/с и отражают горизонтальное строение структуры поля скорости звука на поверхности (горизонте 0 м), горизонте 200 м и горизонте минимума скорости звука (за исключением случаев, когда минимум находится на поверхности).

Генеральной гипотезой ГИС является предположение, что каждая точка изолиний движется равномерно по своей траектории их одной карты-схемы в другую. Соединяя воедино базы данных четырех карт-схем с блоком моделирования (движения реперных точек изолиний) с дискретным счетчиком дат, отсчитывающим 365 дней в году, получаем визуализацию карт-схем для трех горизонтов на любой день календарного года. Это первая задача, которую решает данная ГИС.

Вторая и основная задача, решаемая ГИС – это получение профиля скорости звука в любой точке района моря на фиксированный момент времени (определенную календарную дату). Из карт-схем для заданных координат точки получаются три пары значений глубина – скорость звука. Это горизонт 0 м, горизонт минимума скорости звука и горизонт 200 м (если это глубоководный район). Эти данные поступают в блок интерполяции, производится по времени и пространству.

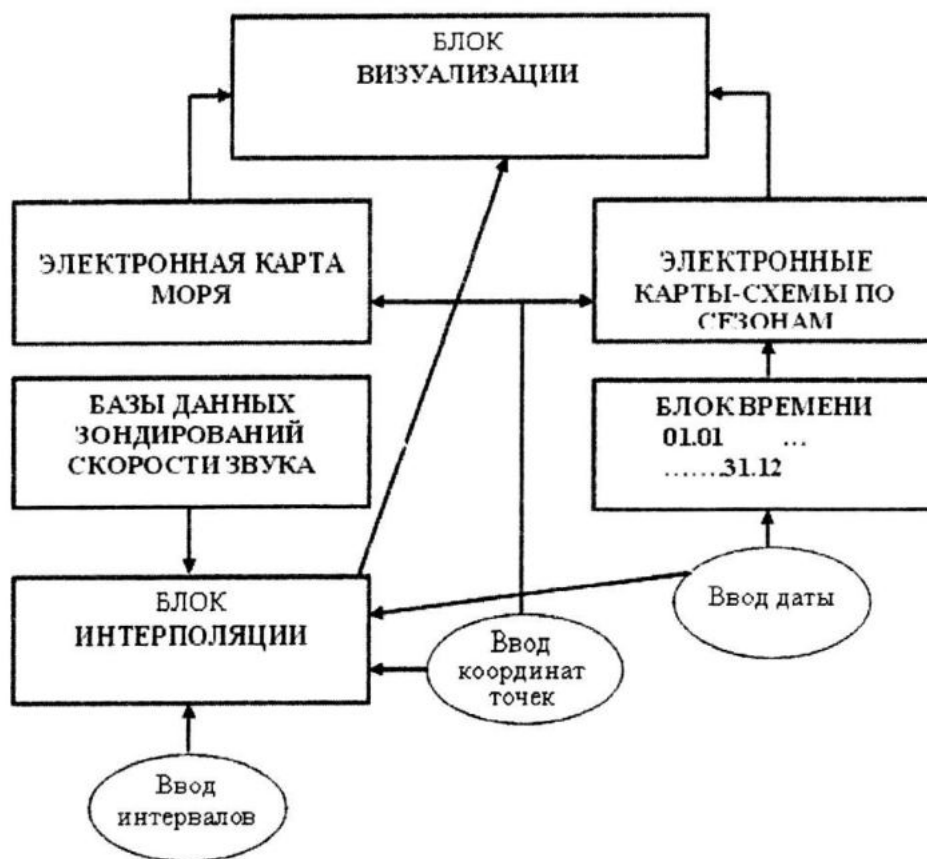
Интерполяция по времени может составлять от одного до десяти суток. Интерполяция в пространстве определяется величиной стороны квадрата, в центре которого размещается точка с заданными координатами. Сторона квадрата может быть длиной от 0,1 до 10 миль. В соответствии с заданными интерполяционными интервалами из банка данных зондирований скорости звука выбираются и имеемые измерения, которые с соответствующими весовыми коэффициентами и тремя парами значений глубина – скорость звука вносят свой вклад в построение искомого профиля. Для шельфовых районов нижняя точка профиля соответствует глубина моря. В глубоководных районах (более 200 м) действует гипотеза, что скорость звука плавно возрастает за счет гидростатической составляющей. В блоке визуализации происходит графическое отображение профиля скорости звука и табличные его значения для заданных горизонтов (например, через каждые 5, 10, 15 или 20 м).

Функциональная структура ГИС представлена на рис. 1. Необходимо добавить, что база данных зондирований скорости звука предусматривает их пополнение при выполнении новых измерений. Данными для ввода являются сам профиль скорости звука (пары глубина – скорость звука), координаты точки, где он был получен, время суток и дата, а также параметры основных гидрометеорологических данных (ветер, волнение и т.д.)

**Вывод.** Геоинформационная система поля скорости звука моря (района моря) фактически является хранилищем данных об измерениях скорости звука выполненными за достаточно большой промежуток времени и позволяет визуально отобразить горизонтальную структуру поля на выбранный день календарного года по трем фиксированным горизонтам, а также получить вертикальное

распределение скорости звука в точке по указанным координатам в соответствии

с заданными интерполяционными интервалами.



Р и с. 1. Функциональная структура ГИС поля скорости звука моря

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Постановление Кабинета министров Украины от 13.04.2005 № 16-07/3*
2. *Дивизинюк М.М., Бусыгин Б.С., Коротенко Г.М. и др. Введение в современную информатику – Севастополь: Изд-во СНУЯЭиП, 2005. – 644 с.*
3. *Дивизинюк М.М., Пивняк Г.Г., Бусыгин Б.С. Толковый словарь по информатике. – Д.: Нац. гірнич. ун-т, 2008. – 599 с.*