© Запотылько В. С., Пальшин Н. А., Иваненко А. Н., Свиридов С. А., 2025, Океанологические исследования, 2025, Том 53, № 1, С. 205–221

УДК 551.46.071; 519.683.2; 004.65 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(1).10

ЦИФРОВОЙ АРХИВ МОРСКИХ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ И ЕГО ИНТЕГРАЦИЯ В ИС ODBASE

В. С. Запотылько, Н. А. Пальшин, А. Н. Иваненко, С. А. Свиридов

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
117997, Москва, Россия, Нахимовский пр. 36,
e-mail: zapotylko.vs@ocean.ru

В Институте океанологии им. П. П. Ширшова РАН (ИО РАН) создан цифровой архив морских геомагнитных данных, интегрированный с информационной системой *ODBASE,* обеспечивающей каталогизацию, хранение и отображение, а также поиск данных геомагнитных исследований, выполненных в экспедициях. В статье рассматривается структура цифрового архива и описание метаданных, принципов и условий измерений при проведении морских работ, представлена схема организации архива. Полученные результаты значимы в свете задачи сохранения данных и оперативного доступа к ним, в том числе для образовательных целей.

Ключевые слова: морские геомагнитные данные, программный комплекс MATROS-IV, информационная система ODBASE, экспедиционные исследования, архив данных, база данных, цифровая трансформация

Введение

Морские геомагнитные исследования играют ключевую роль в изучении океанской литосферы. Билатеральная симметрия линейных магнитных аномалий явилась предпосылкой создания и убедительным подтверждением теории литосферных плит, а совместный анализ линейных магнитных аномалий и данных об инверсиях магнитного поля позволил построить магнитную геохронологическую шкалу, которая нашла широкое распространение при определении возраста геологических структур (Vacquier, 1972; Vine, Matthews, 1963).

Институт океанологии им. П. П. Ширшова в 70–90-х годах проводил многочисленные морские геомагнитные измерения в Мировом океане. Полученные результаты стали большим вкладом в изучение магнитных аномалий в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах, а также в Средиземном море (Беляев и др., 1993; Пальшин и др., 2023).

Начиная с 2020 г., после длительного перерыва, сотрудниками лаборатории геофизических полей Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН были возобновлены регулярные геомагнитные исследования в Атлантическом океане и получен большой объем новых геомагнитных данных (Пальшин и др., 2023).

Возникла необходимость формализованного организованного хранения геомагнитных данных, полученных в рейсах Института океанологии, для обеспечения их

сохранности и удобного доступа к ним специалистов-геофизиков, особенно молодых ученых.

Похожая задача стояла перед геофизиками СПбФ ИЗМИРАН, когда закончила свою деятельность немагнитная шхуна «Заря» и возникла необходимость сохранения полученных на ее борту уникальных геомагнитных данных, поскольку основным методом записи измерений был тогда аналоговый метод с представлением информации на бумажной ленте самописцев. Для более надежного хранения, обеспечения доступа и удобства использования была проведена работа по переводу результатов измерений из аналогового вида в цифровой, что позволило организовать их хранение в виде базы данных. База данных «Заря» предоставляет пользователю возможность выборки данных, пополнение базы новыми данными, редактирования данных, удаления ненужных данных. Объем выборки данных задается такими параметрами, как район измерений, время измерений (год, номер рейса), номер профиля, прямоугольная область в координатах широты и долготы (Баткова и др., 2007).

Кроме академических архивов и баз геомагнитных данных существуют ведомственные фонды, архивы и банки данных. Все результаты, полученные и получаемые в ходе морских геофизических работ, выполняемых подразделениями Росгеологии, а также сторонними организациями по контрактам с Росгеологией, в настоящее время хранятся в Морском филиале ФГБУ «Росгеолфонд» https://marine.rfgf.ru/. «Росгеолфонд» занимается формированием и ведением специализированного банка данных, известного как «Моргеобанк» первичной и интерпретированной геологической информации по континентальному шельфу, внутренним морям и сопредельным территориям суши Российской Федерации, Арктики и Антарктики, архипелага Шпицберген и Мирового океана. Кроме того, «Росгеолфонд» осуществляет информационно-аналитическое обеспечение в сфере воспроизводства минерально-сырьевой базы и недропользования.

Задачей настоящей работы было создание цифрового архива морских геомагнитных данных, полученных в рейсах Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, для обеспечения их сохранности и удобного доступа к ним специалистов-геофизиков и молодых ученых.

В 2001–2010 гг. с целью хранения и оперативной визуализации океанологических данных Отделом информационных и вычислительных ресурсов Института океанологии была разработана база данных (БД) *OceanDB* (Осипенко и др., 2001; Метальников и др., 2003; Метальников и др., 2005), а также создан береговой измерительный комплекс, позволяющий осуществлять сбор океанологических параметров в реальном масштабе времени, в том числе и оперативное измерение электрического поля с передачей данных в режиме онлайн в систему *OceanDB* (Свиридов и др., 2010).

В 2022–2024 гг. в Отделе информационных и вычислительных ресурсов ИО РАН была разработана и внедрена в опытную эксплуатацию Информационная система (ИС) *ODBASE* (Запотылько и др., 2023, 2024). Однако для непосредственного хранения геомагнитных данных, полученных в исследовательских рейсах, организационная

структура системы *ODBASE* не подходит, поскольку измерения производятся не в точке, а на ходу судна, что требует существенной доработки хранения геомагнитных данных. Настоящая статья посвящена описанию метаданных и принципов хранения геомагнитных данных, а также технологических и программных сервисов, примененных при разработке новой версии ИС *ODBASE,* обеспечивших создание цифрового архива геомагнитных данных и его интеграцию с ИС *ODBASE.*

Принципы и условия измерений

Измерения геомагнитного поля в ИО РАН выполняются с помощью современных морских модульных магнитометров Geometrics G882 («GEOMETRICS», США) и SeaPOS2 (Россия), которые буксируются за судном. Датчики магнитометров вырабатывают выходной сигнал с частотой прецессии, которая находится в прямой зависимости от внешнего магнитного поля, и снабжены датчиками глубины и альтиметром для измерения расстояния до дна на малых глубинах. Преобразования частотного аналогового сигнала в цифровой и пересчет в значения модуля вектора магнитной индукции в современных магнитометрах выполняются непосредственно в буксируемой гондоле, а на борт судна по кабелю передаются расчеты в цифровом виде. При академических исследованиях в морях и океанах частота измерений составляет обычно 0.5 Гц (одно измерение раз в 2 с), что при скорости судна восемь узлов (типичная скорость буксировки) соответствует расстоянию между пикетами примерно 8 м. Геомагнитные исследования обычно выполняются по регулярной системе галсов (профилей), на которых выдерживаются постоянные курс и скорость. При проведении инженерно-поисковых и инженерно-экологических изысканий в прибрежной зоне измерения ведутся чаще, с таким расчетом, чтобы расстояния между пикетами равнялось примерно 1 м.

Описание метаданных геомагнитных измерений

Традиционно основной принцип хранения геомагнитных данных – порейсовый, то есть все геомагнитные данные, которые были получены в каком-либо рейсе, хранятся в виде набора данных в одной папке. Для каждого рейса формируется файл, содержащий информацию о судне, номере рейса, времени и месте проведения измерений (полигонах), используемом навигационном и магнитометрическом оборудовании, а также о научной программе рейса, его руководителе и источниках финансирования. Главная папка содержит вложенные папки, соответствующие районам исследования. В каждом из рейсов, в зависимости от научной программы, может быть несколько районов исследования (полигонов и/или переходов). В этих папках и хранятся собственно геомагнитные данные.

Для формирования имен папок и файлов была принята следующая номенклатура: *Vnn*, где *V* – код судна, *nn* – номер рейса. Используются следующие коды судов:

НИС «Академик Николай Страхов» – *S*, НИС «Академик Сергей Вавилов» – *V*, НИС «Академик Йоффе» – *I*, НИС «Академик М. А. Лаврентьев» – *L*, НИС «Академик Борис Петров» – *P*. Полигоны кодируются латинскими буквами: *A*, *B*, *C*. Например, данные, полученные в 53 рейсе НИС «Академик Николай Страхов», хранятся в папке *S53*, которая в свою очередь содержит папки *S53A* и *S53B*, в которых находятся сведения, относящиеся соответственно к первому и ко второму районам исследования. При описании имен файлов, содержащих обработанные магнитные данные, полученные на отдельных галсах, имя файла дополняется двухзначным номером галса, например, *S53A05*. Нумерация галсов ведется отдельно для каждого района исследования. Если фрагмент съемки состоит из нескольких галсов, это отражается в названии папки, например, *S53B01-04*.

Схема организации архива и описание объектов хранения

Обобщенная схема организации архива геомагнитных данных ИО РАН приведена на рисунке 1. Количество полигонов может отличаться от рейса к рейсу, в зависимости от научной программы рейса.

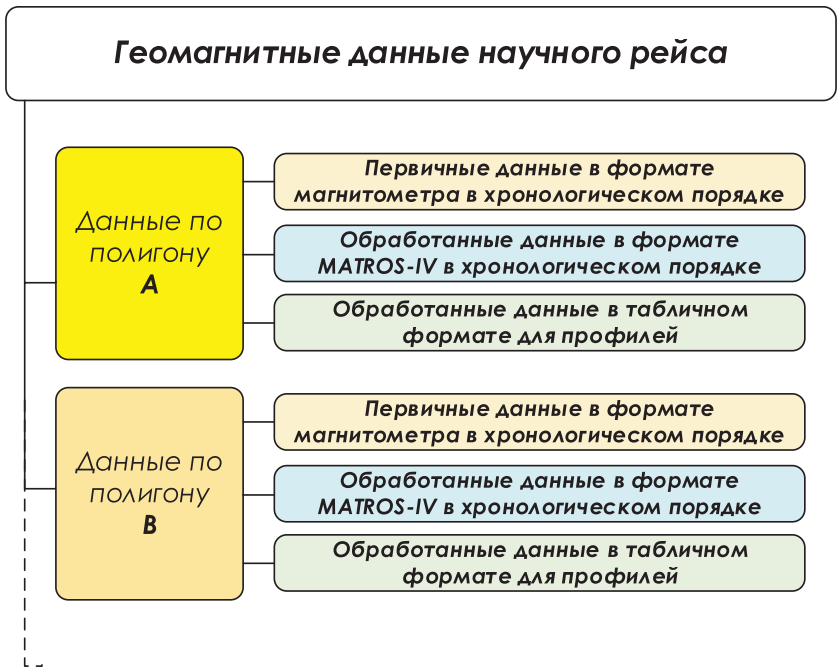


Рис. 1 – Схема организации архива геомагнитных данных ИО РАН

Безусловно, в первую очередь подлежат хранению первичные данные в формате приборов (по времени), а также координаты в формате *NMEA*, что позволит, в случае необходимости, выполнить повторную первичную обработку данных.

Для предварительной обработки геомагнитных данных в рейсах ИО РАН используется программный комплекс «*MATROS-IV*», позволяющий оперативно и качественно преобразовать входной поток исходных магнитных и навигационных данных

в пригодный для дальнейшей обработки материал. Первичная обработка включает следующие последовательные шаги:

• проверка, фильтрация, сглаживание, прореживание (сгущение) измерений; проверка данных навигации;

• расчет координат точек измерения магнитного поля для каждого датчика через учет офсетов – расстояний в подвижной системе координат судна от приемной антенны навигационной системы до буксируемых на немагнитном кабеле датчиков;

• введение поправок за девиацию – зависимость магнитного влияния судна на показания приборов от курса;

• вычисление ΔT_a – аномального магнитного поля (нТл), разности между измеренными значениями модуля индукции магнитного поля и моделью главного (нормального) магнитного поля Земли IGRF (Alken et al., 2021);

• разбиение на галсы (профили).

Результаты предварительной обработки геомагнитных данных, которая выполняется непосредственно в рейсе, хранятся в формате *MATPOC-IV* в соответствующих папках. Эти данные так же, как и первичные данные, хранятся в хронологическом порядке. Однако для пользователя, не знакомого с пакетом *MATPOC-IV*, работать с этими данными затруднительно, поэтому для удобства пользования архивом был реализован простой способ хранения данных и соответствующие программы переформатирования.

Основной принцип хранения этого типа данных заключается в том, что результаты измерений для каждого из галсов (профилей) хранятся в отдельных файлах с уникальными именами в простом табличном *ASCII* формате. Файлы содержат следующие данные:

• первая колонка – универсальные дата и время измерения;

• курс судна;

• скорость судна;

• долгота (датчика);

• широта (датчика);

• глубина буксировки датчика;

• расстояние от начала профиля;

• полное значение измеренного магнитного поля;

• вычисленное значение аномального магнитного поля.

Кроме того, имеются одноименные информационные файлы, содержащие всю необходимую информацию о профиле:

• название судна;

• название объекта или полигона;

• длина буксировочного кабеля;

• модель нормального поля;

• тип магнитометра;

• время и координаты начала профиля;

• время и координаты конца профиля;

• длина профиля.

В настоящее время в архив включены геомагнитные данные, полученные в следующих рейсах (см. таблицу 1). В соответствующих папках хранятся отчеты рейсов и публикации по магнитным данным, полученным в этих рейсах, включая данные по аномальному магнитному полю ΔT_a, протяженности галсов в км, координаты места, курс судна (азимут), номер рейса и прочие метаданные, необходимые для описания условий измерения. В дальнейшем в архив будут оперативно добавляться данные новых исследований.

Табл. 1 – Список рейсов НИС ИО РАН, в которых были получены геомагнитные данные, вошедшие в архив

№	Рейс и судно	Район работ	Сроки проведения и длительность
1	50-й рейс НИС «Академик Николай Страхов»	Северная Атлантика. Разломная зона Чарли-Гиббс	Сентябрь – октябрь 2020 г., 46 суток
2	53-й рейс НИС «Академик Сергей Вавилов»	Северная Атлантика. Разломная зона Чарли-Гиббс	Сентябрь – октябрь 2021 г., 40 суток
3	53-й рейс НИС «Академик Николай Страхов»	Северная Атлантика. Срединно-океанский хребет между разломными зонами Чарли-Гиббс и Максвелл	Июль – август 2022 г., 40 суток
4	63-й рейс НИС «Академик Йоффе»	Экваториальная Атлантика. Зона разломов Романш-Чейн	Сентябрь – декабрь 2022 г., 70 суток
5	55-й рейс НИС «Академик Николай Страхов»	Северная Атлантика. Восточная часть Трога Кинг	Август – сентябрь 2023 г., 45 суток
6	65-й рейс НИС «Академик Иоффе»	Экваториальная Атлантика	Октябрь – январь 2023–2024 гг., 70 суток
7	57-й рейс НИС «Академик Николай Страхов»	Северная Атлантика. Западная часть Трога Кинг.	Июль – август 2024 г., 45 суток
8	66-й рейс НИС «Академик Йоффе»	Экваториальная Атлантика	Июнь – август 2024 г., 67 суток
9	69-й рейс НИС «Академик Йоффе»	Северная Атлантика	Октябрь – декабрь 2024 г., 60 суток

Предложенная схема организации архива морских магнитных данных позволяет интегрировать обработанные данные в табличном формате в интерактивную информационную систему *ODBASE*.

Интеграция геомагнитных данных в информационную систему *ODBASE*

С 2021 г. в Центре информационных технологий ИО РАН ведется разработка информационной системы *ODBASE* под общим названием «База морских исследований ИО РАН». Система построена на «клиент-серверной» архитектуре и в качестве хранилища данных используется база данных под управлением СУБД *PostgreSQL*. Основные компоненты *ODBASE* и взаимодействие между ними представлены на рисунке 2 и описаны в работе (Запотылько и др., 2024).

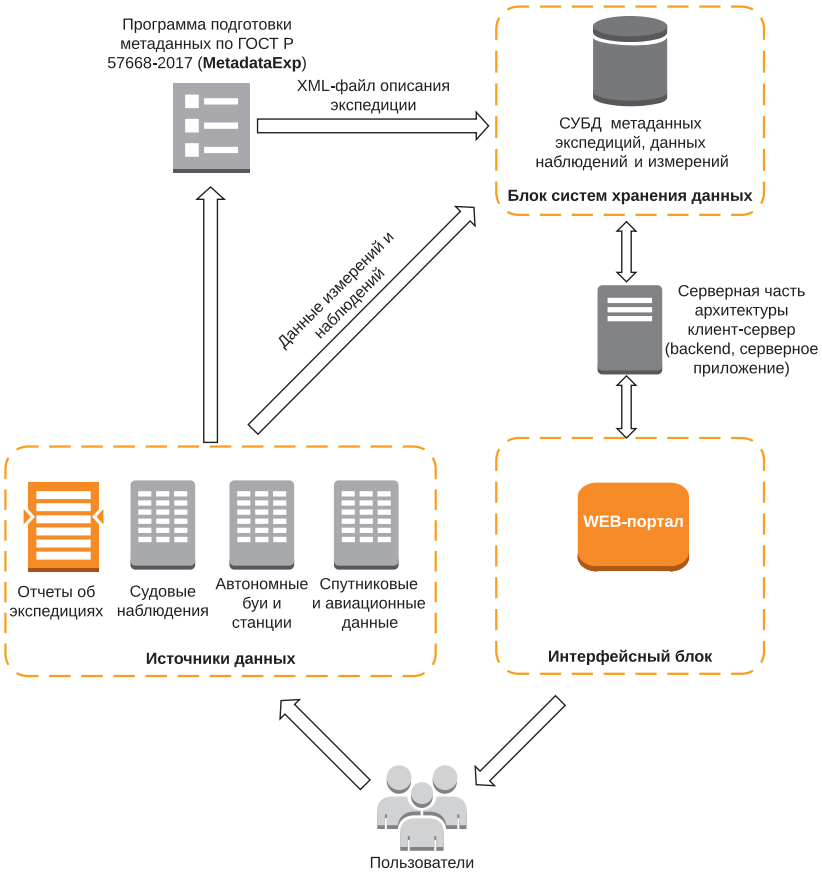


Рис. 2 – Архитектура взаимодействия компонент Информационной системы *ODBASE* (Запотылько и др., 2024)

Система состоит из четырех больших частей: СУБД *PostgreSQL*; сервера, созданного на основе каркаса *Java Spring Boot,* с использованием библиотеки *Hibernate*; веб-приложения, созданного по технологии *SPA*[1] (одностраничное приложение), с использованием программного каркаса *Vue.js* и ряда библиотек *Javascript*; программы для формирования метаданных *MetadataExp,* написанной на языке *C#,* с использованием программного каркаса *WPF*[2].

Изначально информационная система *ODBASE* содержала в себе только данные океанологических станций, и поэтому все пространственные данные для отображения точек на карте хранились в полях типа *GEOMETRY* в стандартах *WKB – PointZ*[3]. Этот тип данных содержит в себе положение точки в трех координатах: *X*, *Y*, *Z*. Сами данные хранятся в отдельных таблицах, каждая из которых соответствует своему

[1] SPA (single-page application) – веб-приложение, которое загружает только одну HTML-страницу и динамически обновляет ее содержимое без необходимости полной перезагрузки страницы при взаимодействии с пользователем. Часто используется с JavaScript-каркасом, (фреймворком или библиотекой) такой как Vue.js, для упрощения разработки и управления состоянием приложения.

[2] WPF (Windows Presentation Foundation) – система (фреймворк) пользовательского интерфейса для создания клиентских приложений Windows для взаимодействия с пользователем.

[3] WKB – PointZ – бинарное представление трехмерной точки в формате Well-Known Binary (WKB). Класс Point в этом представлении представляет одну точку и имеет два атрибута – *x* и *y*. Класс PointZ содержит третий атрибут – *z*, который представляет третье измерение.

типу. Например, температура или соленость. То есть данные представляют собой стандартные профили от поверхности до дна с указанием их местоположения по широте, долготе и глубине. Данные связаны с таблицей станций и таблицей экспедиций через уникальный идентификатор экспедиции и номером станции.

Необходимость интеграции в существующую систему геомагнитных данных потребовала внесения изменений в ее компоненты. Действительно, для хранения геомагнитных данных такая ИС-структура не подходит, поскольку измерения производятся не в точке, а на ходу судна. Строго говоря она не подходит и для сбора данных любых других измерений, выполняемых по ходу судна приборами, находящимися на борту судна или буксируемыми судном. Для внесения данных и метаданных реальных геомагнитных измерений ИО РАН в основную БД возникла задача создания дополнительных компонент *ODBASE,* таких, как: блок источников геомагнитных данных; блок подготовки метаданных, соответствующих стандартам описания профилей метаданных геомагнитных данных, регистрируемых не на стационарных станциях, а по ходу судна; блок хранения новых типов данных (возникли новые структуры в базе данных); серверной части (она должна поддерживать взаимодействие пользователей с обновленной архитектурой БД, внесение в БД геомагнитных данных совместно с их метаданными); интерфейсного блока (разработаны интерфейсы для запросов и предоставления пользователям *ODBASE* геомагнитных данных, а также любых других данных, регистрируемых по ходу движения судна).

Для решения этой проблемы – учета движения судна-носителя прибора, непрерывно измеряющего параметры среды, необходимо было создать отдельную таблицу для профилей геомагнитных данных и хранить в ней получаемые в процессе движения профили, что актуально не только для геомагнитных, но и других типов данных. В таблице поле временного штампа, который указывает на дату и время выполнения измерения, хранит не одно значение, как в таблице станций, а массив значений, каждое из которых является меткой на выполненном профиле данных. В целях сокращения количества таких меток было решено ограничиться метками с временным интервалом в одну минуту. Второе значительное отличие от таблицы станций – это хранимые пространственные данные. Для профилей это тип данных *WKB – LINESTRING*, который представляет собой ломанную кривую, построенную на координатах точек профиля. Кроме этого было решено добавить для каждого профиля поле-описание, записываемое в формате *JSON*[4].

Пример такого поля-описания представлен ниже:

{«Судно»: «НИС Академик Николай Страхов», «Экспедиция»: «53», «Объект»: «А Полигон Фарадей», «Координаты начало»: «50.789880ш -30.531860д», «Координаты конец»: «50.811130ш -28.985563д», «Время начало»: «2022-07-18 08:49:41», «Время конец»: «2022-07-18 16:02:42», «Длина профиля,»: «109.213», «Оффсет(ы), м»: «250», «Прибор, серия»: «Магнитометр SeaPOS2 (Россия) Свидетельство об утверждении

[4] JSON (JavaScript Object Notation) — текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript, легко читается и пишется человеком, а также легко разбирается и используется с любым языком программирования.

типа средств измерений RU.C.34.005.A № 40335, ТУ 4314-001-020692208-2007).», «Референсное поле»: «IGRF2020», «Источник информации по глубине»:»»}.

Выгоды формата *JSON* заключается в следующем (https://ru.wikipedia.org/wiki/JSON):

1. **Простота и читаемость.** *JSON* легко читается и понимается как людьми, так и машинами, что упрощает разработку и отладку.

2. **Легковесность.** *JSON* занимает меньший объем памяти по сравнению с другими форматами хранения данных, такими, как *XML*, что уменьшает время передачи данных по сети.

3. **Совместимость.** Поддерживается большинством языков программирования и платформ, что облегчает интеграцию между различными системами.

4. **Структурированность.** Позволяет представлять сложные структуры данных (вложенные объекты и массивы), что делает его гибким для различных приложений.

5. **Легкость обработки.** *JSON* легко обрабатывается с программной точки зрения, поскольку поддерживается многими современными языками программирования: *Python*, *Java* и другие. Благодаря этому скорость работы с web-ресурсами выросла, что обеспечило быстрое выполнение программ на стороне клиента и сервера.

6. **Использование в *API*.** Широко используется в web-сервисах и *API* для обмена данными между клиентом и сервером, что делает его стандартом для *RESTful*[5] систем.

В таблицу профилей были так же добавлены поля с именем профиля. В контексте геомагнитных измерений имя профиля уникально. Идентификатором типа профиля является текстовое поле с некоторым значением, в данном случае «магнитометр» (возможны другие значения, например, термосолинограф и пр.).

В информационную систему интегрированы обработанные данные геомагнитных измерений, которые хранятся в таблице, сходной с остальными таблицами базы данных информационной системы, то есть имеют, как и другие таблицы данных, ряд стандартных полей: поле уникального экспокода экспедиции для идентификации измерения и привязке его к экспедиции и метаданным; поле временного штампа для временной идентификации измерения; поле местоположения типа *GEOMETRY* для пространственной идентификации измерения. Кроме этого в таблице геомагнитных измерений есть свои специфические поля:

- ✓ Курс судна.
- ✓ Скорость судна.
- ✓ Глубина буксировки датчика.
- ✓ Расстояние от начала профиля.
- ✓ Дата и время измерения.
- ✓ Значение измеренного полного магнитного поля.
- ✓ Вычисленное значение аномального магнитного поля.

[5] RESTful-системами называют системы, которые используют архитектуру REST (Representational State Transfer) – для передачи репрезентативного состояния в различных распределённых системах. Эта архитектура известна в контексте стандартизации использования систем обмена информацией (веб-сервисов), которые используют протокол без статического состояния, чтобы сделать текстовые представления онлайн-ресурсов доступными для чтения и обработки.

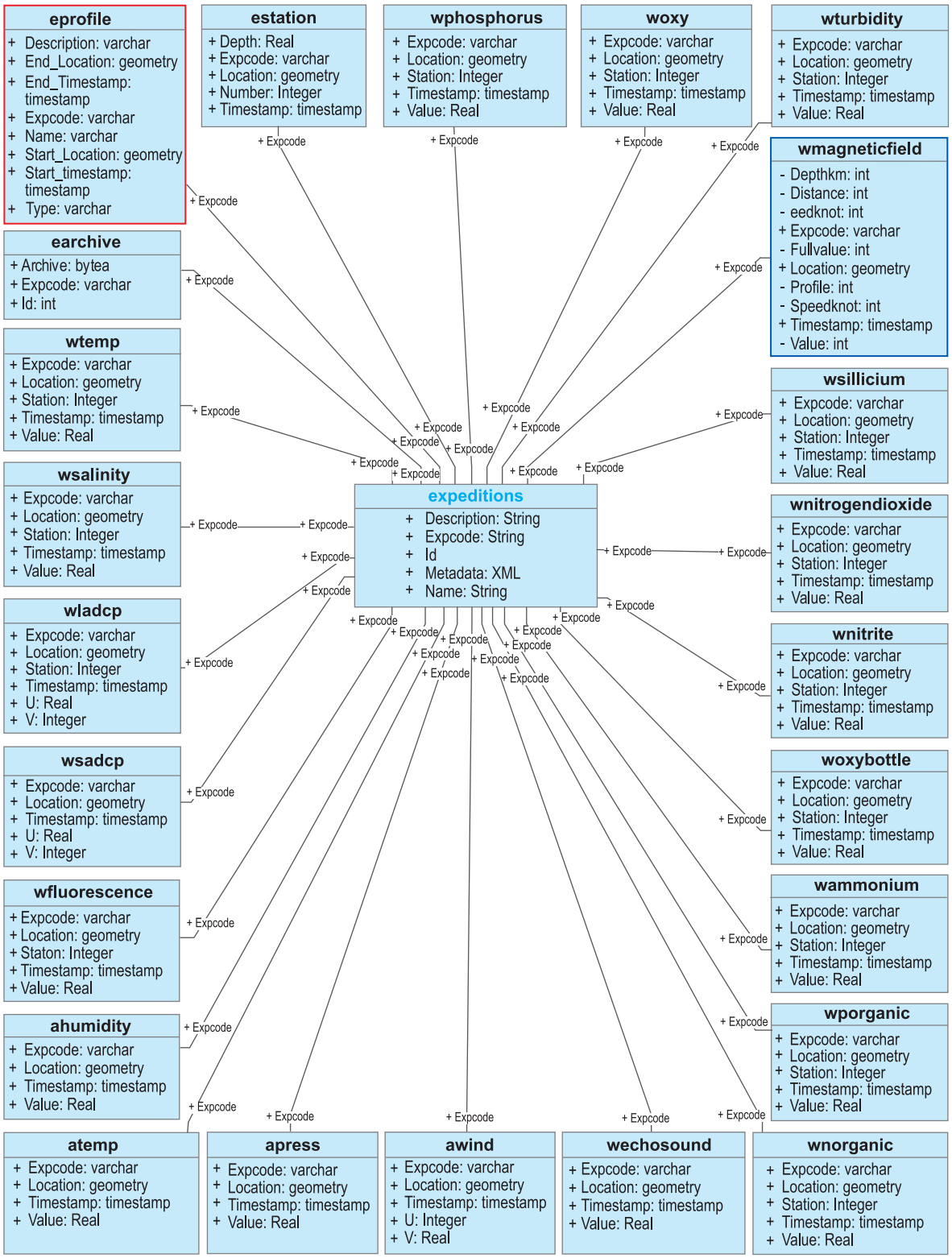


Рис. 3 – Обновленная структура базы данных ODBASE, введены: таблица положения профилей ***eprofile*** (в красной рамке), таблица хранения профилей ***wmagneticfield*** (в синей рамке)

Введение новых таблиц данных (рисунок 3) потребовало изменения кода второго компонента информационной системы – сервера. В код сервера, в соответствии с идеологией проекта Java Spring Boot с библиотекой Hibernate, внесены изменения. Добавлены классы-сущности, которые представляют собой модели данных, соответствующие таблицам базы данных, они отвечают за сохранение и обновление данных. Добавлены классы-репозитории, они абстрагируют доступ к данным и предоставляют интерфейс для операций с базой данных. Классы-репозитории используют Spring Data *JPA*[6] для выполнения *CRUD*[7] – операций над сущностями. В системе *ODBASE* они отвечают только за чтение и поиск данных. Для формирования запроса в БД для поиска различных типов данных используются разные функции расширения PostgreSQL PostGIS. В отличие от класса-репозитория для станции, в котором поиск данных осуществляется через функцию ST_Contains, определяющую попадание точки в полигон с заданными координатами, в случае профилей используется функция ST_Intersects для определения попадает и/или пересекает профиль в полигон с заданными координатами.

В систему добавлены классы-сервисы, которые обеспечивают логику управления и дополнительные проверки перед обращением к классам-репозиториям. Для лучшей управляемости был введен еще один класс-контроллер *EprofileController*, который принимает запросы от веб-приложения, направленные непосредственно на поиск профилей. Новая диаграмма классов сервера представлена на рисунке 4. Классы сгруппированы в отдельные пакеты, как это принято в языке *Java*. Схематично указаны связи между различными пакетами классов сервера. Главный класс сервера *OdbaseApplication* взаимодействует с пакетом *security* и *controller.* Он отвечает за первоначальную инициализацию сервера и начало работы. Классы контроллеров обеспечивают работу сервера на всем протяжении жизненного цикла, принимают запросы от веб-приложения и отправляют данные, полученные из СУБД. Контроллеры используют вспомогательные классы из пакета *helpers* для обеспечения работы. После обработки запроса вызываются функции классов пакета *service* для получения необходимых данных, те в свою очередь реализуют свою логику работы и вызывают классы пакета *repository.*

Использование нового типа геометрии потребовало внесения изменений в веб-приложение, с которым работает пользователь в браузере. Были добавлены запросы для поиска профилей к серверу, а для отображения на карте профилей добавлены функции отрисовки профилей по координатам, полученным с сервера. Профили геомагнитных данных представлены на рисунке 5.

---

[6] Spring Data JPA – фреймворк, который упрощает работу с JPA путем автоматизации написания повторяющегося кода. Он построен на основе JPA и предлагает упрощённое API для исполнения CRUD-операций и создания запросов на основе имён методов. JPA (Java Persistence API) – спецификация API, которая предоставляет возможность сохранять в удобном виде Java-объекты в базе данных.

[7] CRUD – это аббревиатура четырех слов, означающих следующие операции: Create (создание); Read (чтение); Update (обновление); Delete (удаление).

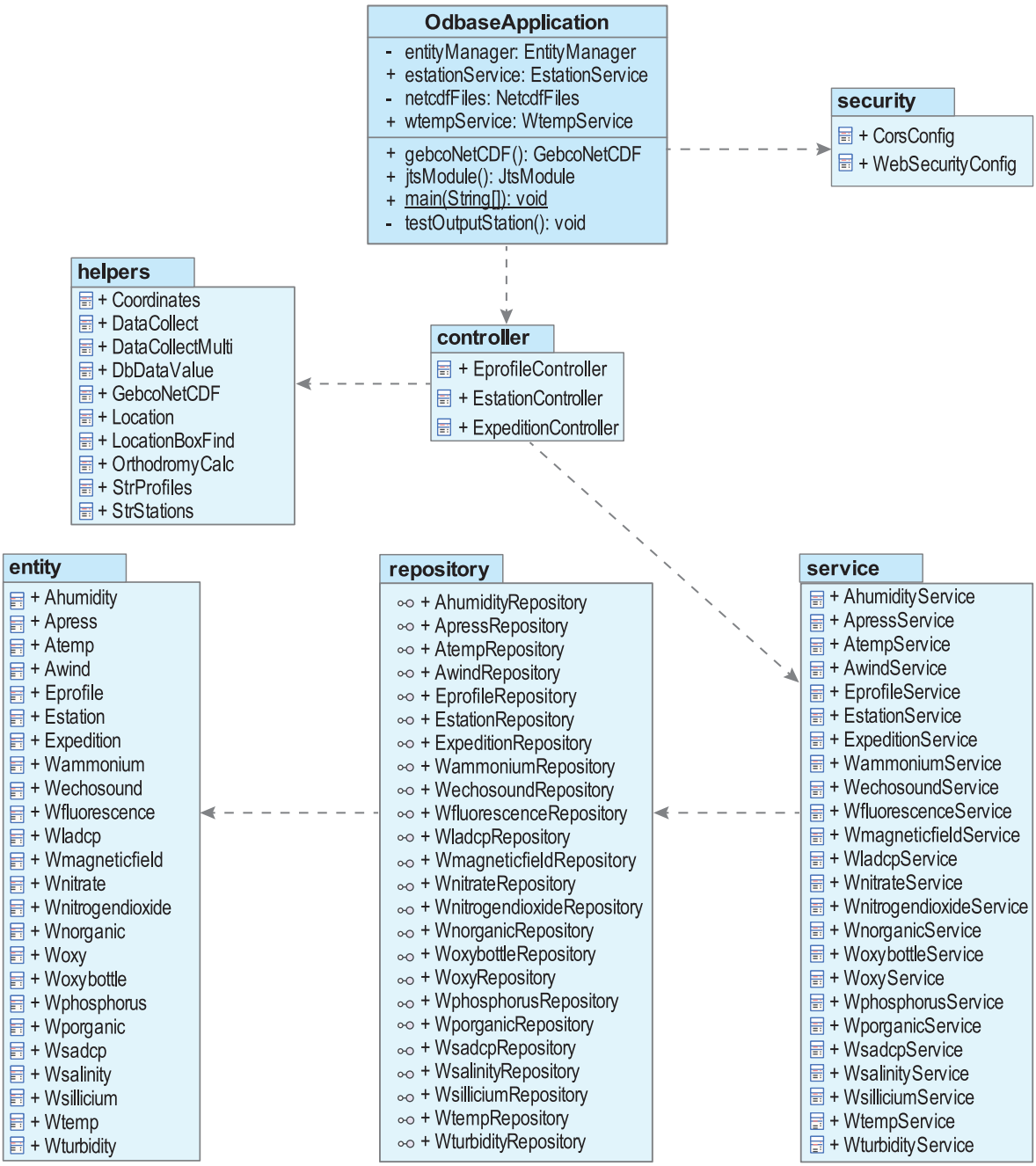


Рис. 4 – Добавленные классы-сущности, классы-репозитории, классы-сервисы и класс-контроллер

На рисунке 5 под цифрой 1 обозначен один из профилей геомагнитных данных 50-го рейса НИС «Академик Николай Страхов» (2020 г.), а под цифрой 2 обозначена одна из станций 48-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2002 г.). В левой части веб-приложения размещено описание профиля, которое загружается из таблицы профилей базы данных. Для удобства оценки изменения магнитной аномалии в системе предусмотрен просмотр профиля геомагнитного поля на каждом галсе – рисунок 6.

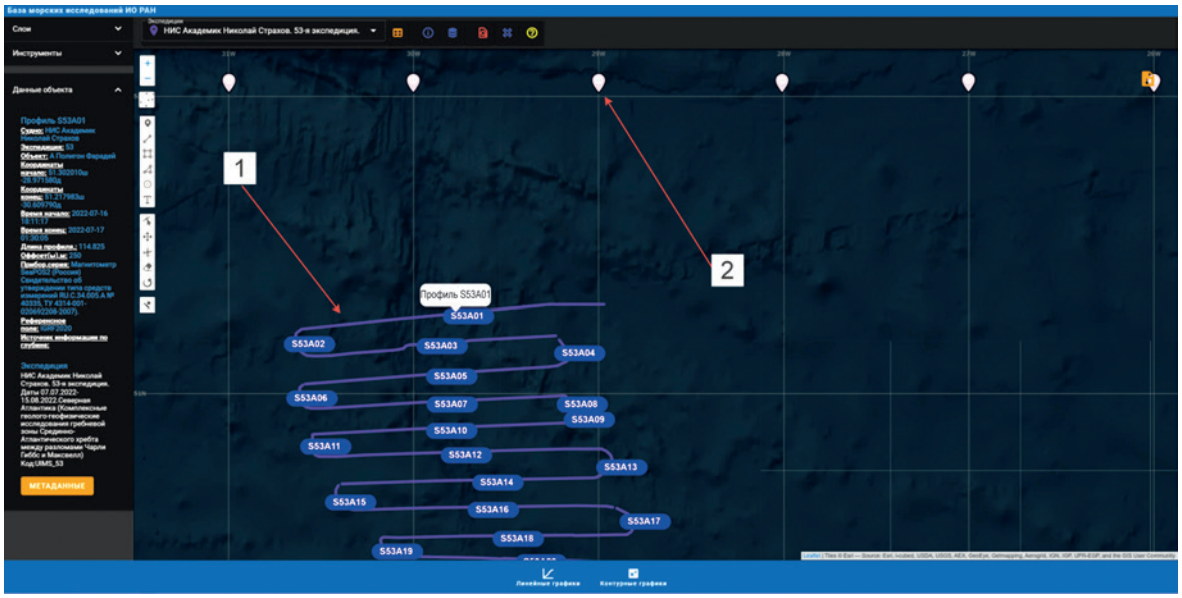


Рис. 5 – Пример отображения геомагнитных профилей (галсов)

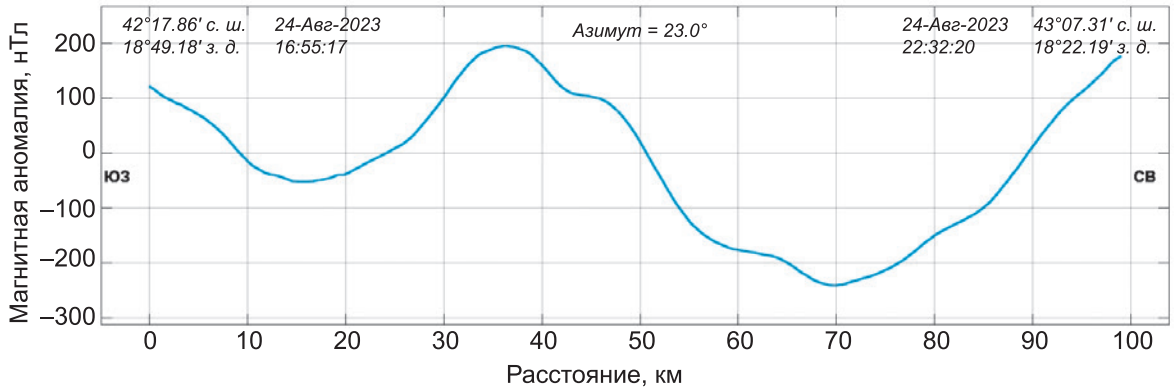


Рис. 6 – Пример отображения геомагнитных профилей (галсов).
НИС «Академик Николай Страхов», рейс 55, август 2023 г.

Результат обработки данных выполненной геомагнитной съемки обычно представляется в виде карты аномального геомагнитного поля, пример представлен на рисунке 7.

Внедрение нового типа данных, измеренных по ходу движения судна (пространственные данные типа *LINESTRING*), позволило интегрировать данные геомагнитных измерений в информационную систему *ODBASE* с последующим их поиском и отображением. Это открывает возможность добавления и других результатов измерений, производимых по ходу движения судна, например, данных термосолинографа, судового измерителя течений, судовой метеостанции.

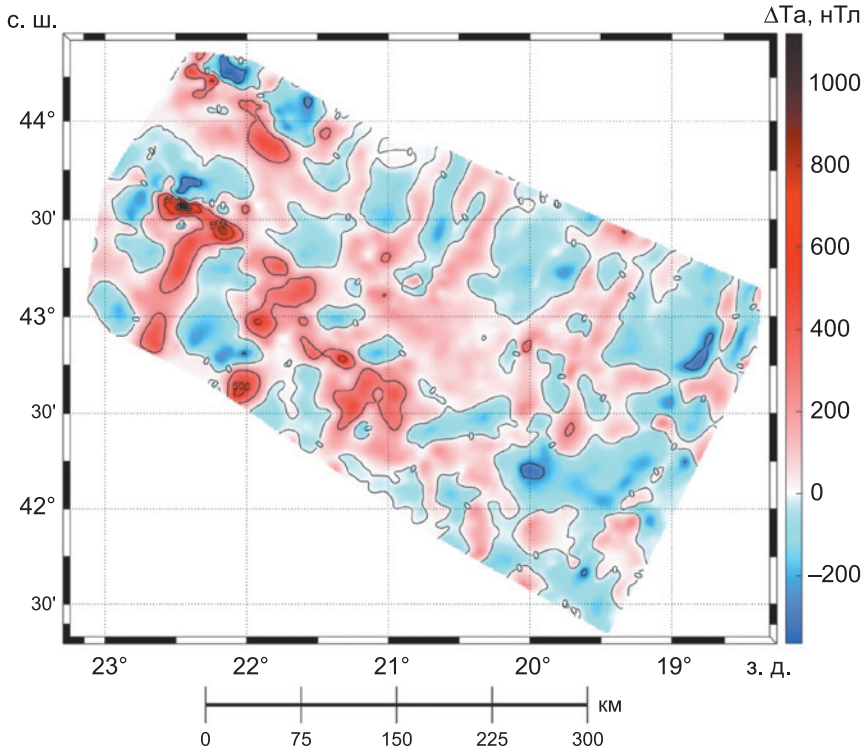


Рис. 7 – Карта аномального магнитного поля для полигона «Восточный Кинг», составленная по данным, полученным в 55-м рейсе НИС «Академик Николай Страхов», август 2023 г.

Заключение

В работе представлено описание метаданных и спроектирована схема формирования архива геомагнитных измерений. В продолжении работ (Запотылько и др., 2023, 2024) особое внимание было уделено анализу сценариев использования *ODBASE* пользователями-геофизиками, в частности были доработаны приложения для формирования метаданных для линейных объектов – данных, полученных при выполнении морской геомагнитной съемки на ходу судна, доработаны форматы системы хранения и отображения результатов на Web-портале *ODBASE*.

В результате интеграции информационной системы *ODBASE* с архивом геомагнитных данных получен новый инструмент для хранения и отображения данных морских геомагнитных измерений, а также новое качество представления данных в цифровом виде.

В дальнейшей работе планируется добавить опции поиска отдельно для различных вариантов данных по критериям геометрии, биологического и геологического состава и модельных данных.

Разработанный архив, интегрированный в информационную систему *ODBASE,* представляет собой новый элемент цифровой трансформации процесса научного исследования конкретной геофизической задачи, обеспечивая организованное (формализованное) хранение геомагнитных данных, их сохранность и удобство доступа к

ним специалистов-геофизиков. Разработка этой технологии направлена на решение задач, поставленных в «Стратегии цифровой трансформации Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и Министерства науки и высшего образования РФ».

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме № FMWE-2024-0019. Авторы выражают глубокую признательность рецензентам за критический, но при этом доброжелательный взгляд на статью, подробный разбор, ценные замечания и рекомендации, сделанные в процессе рецензирования, которые существенно улучшили статью.

Список литературы

1. *Баткова Л. А., Боярских В. Г., Демина И. М.* Комплексная база данных геомагнитного поля по результатам съемок на немагнитной шхуне «Заря» // Геомагнетизм и аэрономия. 2007. Т. 47. С. 571–576.
2. *Беляев И. И., Валяшко Г. М., Иваненко А. Н. и др.* Магнитное поле океана. М.: Изд-во Наука, 1993. 304 с.
3. *Запотылько В. С., Попов А. П., Свиридов С. А.* Об информационной системе для мониторинга состояния и загрязнения морской среды в ИЭЗ Российской Федерации // Россия в Десятилетии ООН наук об океане: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Россия в Десятилетии ООН наук об океане. Морская наука для экономики и социальной сферы страны». М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2023. С. 101–104. ISBN: 978-5-7339-2038-2.
4. *Запотылько В. С., Попов А. П., Свиридов С. А., Римский-Корсаков Н. А.* ODBASE – система хранения и отображения данных морских исследований Института океанологии РАН // Океанологические исследования. 2024. № 52 (2). С. 206–233. https://doi.org/10.29006/1564–2291.JOR-2024.52(2).11.
5. *Метальников А. А., Осипенко М. В., Свиридов С. А., Соловьев В. А., Утяков Л. Л., Филипчук Ю. Б.* Структура хранилища и формат исследовательских данных по океанологии // Сб. трудов VIII Международной конференции МСОИ. М.: ИО РАН, 2003. С. 273–293. EDN: EJIZIK.
6. *Метальников А. А., Осипенко М. В., Свиридов С. А. Соловьев В. А., Филипчук Ю. Б.* Хранилище комплексных океанологических данных // Океанология. 2005. Т. 45. № 4. С. 622–628. EDN: HRWTAJ.
7. *Осипенко М. В., Свиридов С. А., Соловьев В. А., Утяков Л. Л., Филипчук Ю. Б.* Об использовании технологий хранилищ данных для обработки океанологической информации // Современные методы и средства океанологических исследований: Сб. трудов VII Международной. науч.-техн. конференции МСОИ-2001. М.: ИО РАН, 2001. С. 87–88. EDN: YZGUOL.
8. *Пальшин Н. А., Иваненко А. Н., Городницкий А. М., Брусиловский Ю. В., Веклич И. А., Шишкина Н. А.* Геомагнитные исследования в Северной Атлантике // Океанология. 2023. Т. 63. № 5. С. 796–812. DOI: 10.31857/S0030157423050131, EDN: PWDMTO.
9. Природа магнитных аномалий и строение океанической коры (отв. ред. А. М. Городницкий). М.: Изд-во ВНИРО, 1996. 283 с.
10. *Свиридов С. А., Пальшин Н. А., Соловьев В. А., Зарецкий А. В., Метальников А. А.* Стационарный комплекс для долговременных измерений океанологических параметров в реальном масштабе времени // Океанология. 2010. Т. 50. №. 1. С. 151–160. https://doi.org/10.1134/s0001437010010169.
11. *Alken P., Thébault E., Beggan C. D. et al.* International Geomagnetic Reference Field: the thirteenth generation // Earth Planets Space. 2021. Vol. 73. P. 49.

12. *Vacquier V.* Geomagnetism in marine geology. Elsevier Oceanography series 6. 1972. 185 p.
13. *Vine F., Matthews D.* Magnetic Anomalies Over Oceanic Ridges // Nature. 1963. Vol. 199. P. 947–949.
14. https://ru.wikipedia.org/wiki/JSON.

Статья поступила в редакцию 10.02.2025, одобрена к печати 28.03.2025.
Для цитирования: *Запотылько В. С., Пальшин Н. А., Иваненко А. Н., Свиридов С. А.* Цифровой архив морских геомагнитных данных и его интеграция в ИС ODBASE // Океанологические исследования. 2025. № 53 (1). С. 205–221. https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(1).10.

DIGITAL ARCHIVE OF MARINE GEOMAGNETIC DATA AND ITS INTEGRATION INTO ODBASE

V. S. Zapotylko, N. A. Palshin, A. N. Ivanenko, S. A. Sviridov

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: zapotylko.vs@ocean.ru

The Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (IO RAS) has created a digital archive of marine geomagnetic data integrated with the ODBASE information system, which provides cataloging, storage and display, as well as search for geomagnetic research data carried out during expeditions. The article discusses the structure of the digital archive and a description of metadata, principles and conditions of measurements during marine operations, and presents a diagram of the archive organization. The presented results are significant in light of the task of preserving data and providing prompt access to them, including for educational purposes.

Keywords: marine geomagnetic data, MATROS-IV software package, ODBASE information system, expeditionary research, data archive, database, digital transformation

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the State assignment on topic No. FMWE-2024-0019. The authors express their deep gratitude to the reviewers for their critical, but at the same time friendly look, detailed analysis, valuable comments and recommendations made during the review of the article, which significantly improved this work.

References

1. Alken, P., E. Thébault, and C. D. Beggan et al., 2021: International Geomagnetic Reference Field: the thirteenth generation. *Earth Planets Space*, **73**, 49.
2. Batkova, L. A., V. G. Boyarskikh, and I. M. Demina, 2007: Integrated database of the geomagnetic field based on the results of surveys on the non-magnetic schooner Zarya. *Geomagnetism and Aeronomy*, **47**, 571–576.

3. Belyaev, I. I., G. M. Valyashko, and A. N. Ivanenko et al., 1993: *Magnetic field of the ocean*. Moscow, Nauka Publishing House, 304 p.
4. Zapotylko, V. S., A. P. Popov, and S. A. Sviridov, 2023: On the information system for monitoring the state and pollution of the marine environment in the EEZ of the Russian Federation. *Russia in the UN Decade of Ocean Sciences: Proceedings of reports of the All-Russian scientific and practical conference with international participation "Russia in the UN Decade of Ocean Sciences. Marine science for the economy and social sphere of the country"*. Moscow, MIREA – Russian Technological University, 2023, 101–104, ISBN: 978-5-7339-2038-2.
5. Zapotylko, V. S., A. P. Popov, S. A. Sviridov, and N. A. Rimsky-Korsakov, 2024: ODBASE – a system for storing and displaying marine research data of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences. *Journal of Oceanological Research*, **52** (2), 206–233, https://doi.org/10.29006/1564–2291.JOR-2024.52(2).11, EDN: PWDMTO.
6. Metalnikov, A. A., M. V. Osipenko, S. A. Sviridov, V. A. Soloviev, L. L. Utyakov, and Yu. B. Filipchuk, 2003: Structure of the storage and format of research data on oceanology. *Proceedings of the VIII International Scientific and Technical Conference of ISOI.* Moscow, IO RAS, 2003, 273–293, EDN: EJIZIK.
7. Metalnikov, A. A., M. V. Osipenko, S. A. Sviridov, V. A. Soloviev, and Yu. B. Filipchuk, 2005: Storage of complex oceanographic data. *Oceanology*, **45** (4), 622–628, EDN: HRWTAJ.
8. Osipenko, M. V., S. A. Sviridov, V. A. Soloviev, L. L. Utyakov, and Yu. B. Filipchuk, 2001: On the use of data warehouse technologies for processing oceanographic information. *Modern methods and tools of oceanographic research: Proceedings of the VII International Scientific and Technical Conference ISOI-2001*. Moscow, IO RAS, 87–88, EDN: YZGUOL.
9. Pal'shin, N. A., A. N. Ivanenko, A. M. Gorodnitsky, Yu. V. Brusilovsky, I. A. Veklich, and N. A. Shishkina, 2023: Geomagnetic studies in the North Atlantic. *Oceanology*, **63** (5), 796–812, https://doi.org/10.31857/S0030157423050131, EDN: PWDMTO.
10. *The nature of magnetic anomalies and the structure of the oceanic crust* (Ed. by A. M. Gorodnitsky). Moscow, VNIRO Publishing House, 1996, 283 p.
11. Sviridov, S. A., N. A. Pal'shin, V. A. Soloviev, A. V. Zaretsky, and A. A. Metal'nikov, 2010: Stationary complex for long-term measurements of oceanographic parameters in real time. *Oceanology*, **50** (1), 151–160, https://doi.org/10.1134/s0001437010010169.
12. Vacquier, V., 1972: *Geomagnetism in marine geology*. Elsevier Oceanography series 6, 185 p.
13. Vine, F. and D. Matthews, 1963: Magnetic Anomalies Over Oceanic Ridges. *Nature*, **199**, 947–949.
14. https://ru.wikipedia.org/wiki/JSON.

Submitted 10.02.2025, accepted 28.03.2025.
For citation: Zapotylko, V. S., N. A. Palshin, A. N. Ivanenko, and S. A. Sviridov, 2025: Digital archive of marine geomagnetic data and its integration into the ODBASE. *Journal of Oceanological Research*, **53** (1), 205–221, https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(1).10.