

ODBASE – СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА ОКЕАНОЛОГИИ РАН

В. С. Запотылько, А. П. Попов, С. А. Свиридов, Н. А. Римский-Корсаков

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: esimo@ocean.ru*

В Институте океанологии им. П. П. Ширшова РАН (ИО РАН) разработана информационная система *ODBASE* для каталогизации, хранения и отображения, а также поиска данных океанологических экспедиций. В статье рассматривается архитектура информационной системы, международные и российские стандарты метаданных, закладываемые в ее основу. Проанализированы предшествующие информационные системы ИО РАН и некоторые региональные системы управления данными морских наблюдений, созданные в научных организациях России за последние 25 лет. Объясняются причины недостаточной востребованности и прекращения разработки систем хранения и отображения океанологических данных. Приведенные направления дальнейшей работы включают анализ сценариев использования *ODBASE*, доработку и расширение функционала программного обеспечения и возможность задействования оперативных данных. Представленные результаты значимы в свете задач систем мониторинга состояния и загрязнения морской среды, поставленных на одной из сессий Конференции «Россия в Десятилетии ООН наук об океане. Морская наука для экономики и социальной сферы страны» (Москва, ноябрь, 2023).

Ключевые слова: информационная система, экспедиционные исследования, база данных, *OceanDB*, *ODBASE*, язык визуального унифицированного моделирования – *UML*, морская среда, оценка качества данных, стандарты метаданных, ГОСТ, ISO

Введение

В 2020 г. ООН объявила, что 2021–2030 гг. должны стать «Десятилетием наук об океане в интересах устойчивого развития». В ноябре 2023 г. состоялась Первая Всероссийская конференция «Россия в Десятилетии ООН наук об океане» (Первая Всероссийская конференция..., 2023). Тематика конференции была посвящена морской науке для экономики и социальной сферы страны, в рамках которой проведено заседание секции по теме «Система мониторинга состояния и загрязнения морской среды в ИЭЗ¹ Российской Федерации для обеспечения безопасного мореплавания, развития туризма и мест отдыха, сохранения морских экосистем» (Россия в Десятилетии ООН..., 2023). Основной задачей автоматизированной системы мониторинга морской среды, поставленной в тематике секции (Землянов, 2024), является

¹ ИЭЗ – исключительная экономическая зона.

задача непрерывного и оперативного навигационного, экологического и гидрометеорологического обеспечения работ на море и безопасности мореплавания в акваториях для получения непрерывной информации об изменении ключевых параметров состояния взаимодействующих природных сред: приводного слоя атмосферы, поверхности моря, водной толщи, морского дна, включая осадочный слой и земную кору. «Система мониторинга состояния и загрязнения морской среды...» относится к классу сложных Информационных систем (ИС) сбора, хранения, поиска и отображения данных окружающей среды, в том числе – экспедиционных исследований.

Информационные ресурсы, базы данных по Мировому океану в настоящее время приобретают в мире все большее и большее значение. В плане реализации Десятилетия Организации Объединенных Наций по наукам об океане в интересах устойчивого развития (2021–2030 гг.) среди одобренных и принятых к реализации программ и проектов значительное количество связаны с этой проблемой. Основная программа – “*Digital Twins of the Ocean (DITTO)*” – «Цифровые двойники океана», возглавляемая Центром океанических исследований Гельмгольца (ГЕОМАР, Германия, Киль), включает целый ряд проектов (DITTO..., 2021). Также необходимо отметить возрастающий интерес к созданию систем и БД, основанных на международных стандартах. Существенный вклад в создание более чем 100 стандартов, поддерживающих Цели устойчивого развития ООН, вносит международный технический комитет ISO/TC 211 совместно с Комитетом экспертов по управлению глобальной геопространственной информацией UN-GGIM (GitHub (a) [Электронный ресурс]). В настоящей разработке использовался профиль серии стандартов ISO 19115-1:2014/ ГОСТ Р 57668-2017 метаданных экспедиции, созданный с помощью ПО Sparx Systems Enterprise Architect (EA) на основе подготовленных EA-проектов технического комитета ISO/TC 211.

Задачи сохранения экспедиционных данных, накопления информации о параметрах природных сред, их изменении, предоставления информационной системой данных океанологических наблюдений являются актуальными для ИО РАН. Создаваемая в последние годы информационная система *ODBASE* предназначена для хранения, накопления и отображения данных. Текущая и планируемая функциональность *ODBASE* представляется важной для оценки гидрометеорологических, гидрохимических и других океанологических параметров. Каталогизированные экспедиционные данные могут быть использованы для оценки базового, фоновое состояние, при климатическом анализе в перспективных системах мониторинга состояния и загрязнения морской среды.

Кроме того, актуальность информационных систем, предназначенных для мониторинга, все больше возрастает в связи с необходимостью оперативного поиска накопленной информации о Мировом океане, полученной в результате проведения комплексных океанологических исследований в ИЭЗ Российской Федерации и позволяет получить оценки фактического и прогнозного состояния природной среды и выявить факторы, воздействующие на окружающую природную среду (Израэль, 1974; Израэль и др., 1984).

Вместе с этим, любые информационные системы, оперирующие данными географических исследований и наблюдений, нуждаются в стандартизации форматов данных и метаданных. Метаданные – это данные о данных. Метаданные научного исследования могут включать такую информацию как измеряемые параметры, географическое положение, а также более абстрактную информацию, такую как цели исследования или качество полученных данных. Метаданные должны охватывать максимально возможный и детальный контекст при проведении научного исследования (Diviacco, Sorribas, et. al., 2017). Стандартизация метаданных и данных в области океанологии способствует развитию океанологических исследований, обеспечивая совместимость систем, доступность данных для поиска, оценки применимости, вырабатывая стандартные критерии оценки качества данных и метаданных.

Системы хранения и отображения океанологических данных ИО РАН

Начиная с 2000-х годов, в различных научных организациях России велась активная разработка информационных систем накопления, отображения и анализа океанологических данных. Так, одним из направлений деятельности ИО РАН являлась разработка и развитие информационных систем хранения, выборки и представления данных морских исследований. В 2001–2005 гг. было создано «Хранилище комплексных океанологических данных *OceanDB*» (Осипенко и др., 2001; Метальников и др., 2003, 2005), в основе которого использовалась реляционная база данных на основе СУБД² *Oracle Database* и клиент-серверное *Web*-приложение для работы с ней, а для описания результатов работы экспедиций был разработан и предложен формат данных, названный *OceanML* как расширение языка разметки *XML*³ (Метальников и др., 2003), что позволяло накапливать, хранить и отображать данные, полученные как в научных экспедициях, так и данные из системы онлайн-мониторинга прибрежной зоны Черного моря – «Стационарного комплекса для долговременных измерений океанологических параметров в реальном масштабе времени» (Жмур и др., 2005; Свиридов и др., 2010). В последствии описание метаданных уточнялось в соответствии с вышедшим в 2003 г. международным стандартом ISO 19115:2003, определяющим отраслевой стандарт для геопространственных метаданных. Опыт этой разработки был использован в проекте Росгидромета (ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД, г. Обнинск) при создании в 2012 г. ведомственного Центра данных ЕСИМО НКОЦ РАН (Соловьев и др., 2013), который являлся составным элементом Системы ЕСИМО и играл роль поставщика данных для территориально-распределенной Системы ЕСИМО и ее Центра (Вязилов, 2007).

² СУБД – система управления базой данных.

³ Расширяемый язык разметки (XML) – это язык разметки и формат файла для хранения, передачи и структурирования произвольных данных. Он определяет набор правил для кодирования документов в формате, который одновременно понятен человеку и машине.

База данных информационной системы *OceanDB* при этом была интегрирована с помощью специально разработанного коннектора с поставщиком данных ЕСИМО.

Несмотря на то, что эти системы были ведомственными, в части методологии формирования метаданных для пространственных данных и требований к правилам создания профилей на метаданные, они строились в целом с учетом международного стандарта ISO 19115:2003 (ISO, 2003). Тем не менее этот стандарт полностью не применялся, а значит системы не могли быть унифицированы. Данная версия стандарта ISO 19115 в РФ не использовалась в качестве национального стандарта, а в последствии стандарт ГОСТ Р 57668-2017 (Национальный стандарт..., 2017) был принят на основе международного стандарта ISO 19115-1:2014 (ISO, 2014).

Региональные системы океанографических данных

В 1999 г. началось создание в ДВНИГМИ центра ЕСИМО. В рамках деятельности центра ЕСИМО основной задачей ДВНИГМИ являлось формирование баз данных гидрологических, метеорологических, океанографических наблюдений, климатической информации. Данные поставлялись в ЕСИМО в виде таблично-графических файлов, текстовых файлов с разделителями, интеграциями СУБД *Oracle*, *PostgreSQL* (Вязилов, 2007; Ураевский и др., 2010).

Региональный центр океанографических данных (РЦОД) Дальневосточного регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института (ФГБУ «ДВНИГМИ») проводил работы по созданию и восстановлению исторических массивов океанологических данных, разработке и поддержке программного обеспечения. Разработанные утилиты позволяют импортировать различные форматы данных (*GloImport*), проводить контроль качества данных, дедубликацию данных, поиск ошибок по оценке скорости движения судна по координатам и времени станций (*GloUtils*), создавать статистические отчеты, проводить гармонический анализ; проводить визуализацию данных по ледовой обстановке (*IceDV*). Сформированы базы данных гидрологических, метеорологических и гидрохимических параметров, данных по наблюдениям за загрязнением вод и донных отложений, инструментальных измерений течений на буйковых станциях, базы данных ледовых параметров (Круц, 2010).

Большое количество океанологических станций и многообразие источников в базе данных говорят о том, что в ДВНИГМИ была проведена огромная работа по систематизации имеющихся ведомственных и открытых данных по дальневосточному региону (РЦОД [Электронный ресурс]). Ввиду отсутствия открытого доступа в Интернет и недостаточности информации в публикациях, представляется затруднительным оценить текущее состояние баз данных и средств доступа к ним.

В Тихоокеанском океанологическом институте (ТОИ) ДВО РАН была разработана и использовалась океанологическая информационно-аналитическая система (ОИАС) (Фищенко, Голик, Антушев, 2008). ОИАС отличалась: глубокой концептуальной проработкой, отталкивающейся от типов данных, задач и потребностей научных

отделов ТОИ, богатой и разносторонней функциональностью для поиска, отображения и анализа различных типов данных, развитой системой управления доступом к данным на основе ролей (Фищенко и др., 2007). В то же время не удается найти упоминаний об использовании в ОИАС какой-либо международной или национальной стандартизации при работе с данными и технических описаний реализаций протоколов обмена данными и систем хранения, а часть задействованных программных библиотек и средств разработки, например, *Microsoft ActiveX*, устарели и не дорабатываются более 10 лет.

Кроме того, в 2001–2003 гг. в ТОИ ДВО РАН проводились работы по созданию, реорганизации и пополнению взаимосвязанных баз данных гидрологических и гидрометеорологических наблюдений ТОИ (Дмитриева, Ростов, 2004; Ростов и др., 2007). В результате этих работ были созданы технологии обобщения атрибутов объектов из разнородных источников, с помощью которых были объединены архивные и современные на тот момент базы океанологических данных. Базы данных оформлялись в виде электронных атласов, распространялись на компакт-дисках и в виде информационных систем «динамического» типа для построения карт на *Web*-портале. К настоящему времени подавляющая часть использовавшихся ранее технологий и подходов сильно устарела. С появлением ЕСИМО усилия были сконцентрированы вокруг этой информационной системы и так же, как и для *OceanDB*, была проведена интеграция в систему распределенных баз данных ЕСИМО.

Обобщенная база данных по Северо-Европейскому бассейну (СЕБ), включающему Норвежское, Гренландское и Баренцево моря, разрабатывалась в Арктическом и Антарктическом НИИ (АНИИ) (Кораблев, Пнюшков, Смирнов, 2007). Информационная система состояла из СУБД *Borland Interbase* и трех компонентов автономного программного обеспечения, написанного на *Object Pascal*:

✓ *ODB3ALoad* – приложение предназначалось для загрузки исходных данных различных форматов, начальной проверки качества, нахождения дубликатов океанографических станций и их импорта в объединенную базу данных наблюдений и базу интерполированных данных (на стандартные горизонты, сетку) с установленными флагами контроля качества;

✓ *ODB3A* – приложение с графическим интерфейсом пользователя для доступа к базе данных, визуализации, анализа, редактирования и экспорта данных (GitHub (b) [Электронный ресурс]);

✓ *ODB3AClimate* – реализация методов объективного анализа для восстановления информации в узлах регулярной сетки и расчета климатологических полей.

Обобщенная база данных по СЕБ включала в себя более 30 различных наборов данных и более 450 000 океанологических станций с данными наблюдений с 1870 по 2009 гг. Особое внимание при разработке было уделено статистическим методам оценки качества данных и интерполяции данных (Smirnov, Korablev, 2010). Авторами этой базы данных указывается необходимость соответствия стандартам метаданных мировых океанографических центров, но конкретные наименования и версии стандартов и их использование не упоминается. Множество реализованных алгоритмов

и решенных в ходе разработки технологических проблем, вероятно, останется вне доступа научного сообщества из-за недостаточной их освещенности в публикациях и отсутствия полного исходного кода системы в открытом доступе.

Институтом природно-технических систем (ИПТС) в 2010–2020 гг. разрабатывались базы данных «ГИС ИПТС», «*Hydro_IPTS*», «*META_IPTS*» (Мельник и др., 2016; Мельников и др., 2016; Коваленко и др., 2015). Эти базы данных представляют собой приложения с графическим интерфейсом пользователя, созданные в среде «*Claris FileMaker Pro 14*» (сочетание системы управления базами данных и средства быстрой разработки приложений для доступа к этим базам, аналог *Microsoft Access*), основные функции которых:

- подготовка и объединение массивов данных океанологических исследований (гидрологических, гидрохимических, биологических данных), метаданных по проведенным экспедициям;
- контроль качества данных с присвоением флагов качества данных (выявление дублирования, проверка расположения станций и координат береговой линии; проверка горизонтов на инверсию, соответствие времени станций и скорости судна, соответствие значений допустимым пределам и др.);
- различные инструменты выборки данных – по параметрам и на карте;
- экспорт выбранных данных для дальнейшего анализа и визуализации в форматах, совместимых с ПО, – *Golden Software Surfer* и «Гидролог 5» (Белокопытов и др., 2008).

На основе разработанных программ, ИПТС была сделана «*Историческая база данных по морской биолюминесценции*» (Мельников и др., 2018), в которую был внесен большой объем обработанных исторических данных, организованных в виде объектно-реляционных таблиц и появились дополнительные функции: поддержка структурами базы данных гидробиофизических комплексов; экспорт выбранных данных в различных текстовых и табличных форматах; визуализация в виде карт, графиков, профилей и др. К сожалению, публикации не включают детализации использования международных стандартов метаданных.

Для обработки экспедиционных данных в области океанографии, гидробиологии, биофизики моря и гидрохимии в Морском гидрофизическом институте РАН (МГИ) разработан программный пакет «Гидроэколог» (Белокопытов и др., 2008), предназначенный для автоматизации построения карт, разрезов и вертикальных профилей по основным расчетным величинам и измеряемым параметрам для любого района Мирового океана. Программа выполняла построение различных типов карт, расчет статистических характеристик, средства для работы с вертикальными профилями измеряемых параметров и редактирование данных.

Морской гидрофизический институт РАН (МГИ) много лет разрабатывает банк океанографических данных (БОД) и геоинформационную систему. Блок океанографических данных БОД включает большой пополняемый массив по гидрологии, гидрохимии, течениям, гидрооптике и дрейфтерным наблюдениям (Годин, Вецало, Галковская, 2022). Также проводились успешные включения в БОД оперативных данных

с фиксированных морских платформ и графических карт со спутниковыми данными (Еремеев, Халиулин, Ингерев, 2014).

Информационные системы МГИ отличают развитые и обширные процедуры оценки качества данных и метаданных. Следует отметить наличие визуализации при контроле качества данных, что позволяет быстро и эффективно выявить характер отклонения. Система флагов качества данных с возможностью ручного редактирования соответствует аналогичным флагам, используемым в международных проектах, в которых принимал участие МГИ. Большое преимущество при формировании метаданных БОД дает использование словарей параметров для метаданных, применяемых в международном проекте *SeaDataNet* (Еремеев, Халиулин, Ингерев, 2014).

Геоинформационная система МГИ «*Прибрежная зона России в Черном море*» разработана на базе программного обеспечения с открытым исходным кодом (*MapServer*, СУБД *MySQL*, *Python* и *PHP*-скрипты), что придает прозрачность механизмам реализации и открывает возможность модернизировать ПО без существенных вложений. Модульная структура ГИС обеспечивает выборку и послойную визуализацию каждого типа данных (численные океанографические данные, графические данные) и типа файлов (*jpeg*, *shape*, *GeoTiff*, *ODV*) отдельным модулем (Жук, Халиулин, Ингерев, 2016).

Основными задачами региональных информационных систем и баз данных является обобщение данных океанологических экспедиций, контроль качества и создание инструментов анализа данных. Активный период разработки для большей части из приведенных информационных систем завершился 10–15 лет назад, а программные библиотеки, СУБД и операционные системы, на которых они были основаны, значительно устарели. Тем не менее, некоторые из этих систем продолжают разрабатываться и модернизироваться.

Вероятными причинами замедления и прекращения активных разработок региональных систем по хранению океанологических данных и их недостаточной востребованности у пользователей являются:

- малая актуальность, вследствие отсутствия у разработчиков ясности в понимании целей и потребностей исследователей, несовпадения или отклонения от задач пользователей, недоступности системы для широкого круга ученых, неудобства использования. Неопределенность в понимании преимуществ, которые предоставляют системы управления данными;
- нежелание исследователей размещать данные. Отсутствие у пользователей запланированных ресурсов для обработки данных и формирования метаданных. Обеспечение пользователей сохранностью и авторским правом на результаты интеллектуальной деятельности;
- недостаточность административных решений, процедур и контроля по работе с экспедиционными данными;
- недостаточная прозрачность и освещенность реализации. Недоступность процесса реализации для анализа;
- отсутствие ресурсов и технических специалистов для создания и внедрения информационных систем.

Крупные международные проекты *SeaDataNet*, СОДИ (*ODIS*) МОК ЮНЕСКО, *EMODNET*, а также межведомственная система ЕСИМО, в которых ведутся работы по глобальному распределенному сбору, хранению и обеспечению онлайн-доступа к данным региональных центров этих систем, не будут рассматриваться в этой работе. Обсуждаемая система *ODBASE* хоть и является в некоторой степени их аналогом и базируется в части описания метаданных на отечественном стандарте ГОСТ Р 57668-2017, прототипом которого является международный стандарт ISO 19115-1:2014, но предназначена для ведомственного использования и решает практические задачи ИО РАН.

За последний год в ИО РАН созданы такие наработки, которые, в отличие от программ предыдущих поколений (*OceanDB*), представляют собой новый подход к созданию информационной системы управления океанологическими данными. Создаваемая ИС *ODBASE* (Запотько и др., 2023) позволяет хранить, осуществлять поиск и отображать данные океанологических исследований и в перспективе обеспечивает преемственность технологических изменений в ИТ.

Обоснование технологического подхода, структура и отличия *ODBASE*

Перечислим основные стимулы и причины создания информационной системы управления океанологическими данными *ODBASE*.

1. Необходимость в использовании современных технологий, которые позволят сохранить и развить архитектурные решения, заложенные в ранее созданной информационной системе *OceanDB* (Метальников и др., 2003, 2005).

2. Потребность в реализации предметной логики системы на основе объектно-ориентированного анализа и проектирования с использованием технологии унифицированного языка моделирования *UML (Unified Modeling Language)* и частично унифицированного процесса (*Unified Process*) (Jacobson, 1999; Kruchten, 2000; Арлоу, Нейштадт, 2007).

3. Использование современных программных библиотек, сред и СУБД:

– использование программного каркаса *Spring Framework* и его основных функциональных возможностей: инверсия управления, аспектно-ориентированное программирование, доступ к данным на основе *ORM*⁴ – средства, каркас *MVC*⁵;

– использование надежной и масштабируемой реляционной базы данных с открытым исходным кодом *PostgreSQL*;

– использование современного программного каркаса *JavaScript* для создания *Web*-интерфейсов.

⁴ Объектно-реляционное отображение (ORM) в информатике – это метод программирования для преобразования данных между реляционной базой данных и кучей (объектами в области памяти heap) объектно-ориентированного языка программирования. ORM, по сути, создает виртуальную объектную базу данных, которую можно использовать из языка программирования.

⁵ MVC – это шаблон проектирования, используемый для разделения пользовательского интерфейса (представления), данных (модели) и логики приложения (контроллера).

4. Потребность в стандартизации интерфейсов и схем баз данных, а также XML-форматов метаданных. Большинство существующих научных баз данных, как правило, имеют устаревшие или специфические схемы и интерфейсы, а некоторые не имеют их вовсе. Метаданные, которые представляются в формате XML, разнородны по фактическим форматам и описаниям. Причина в том, что при создании ИС, оперирующей с океанологическими данными, как правило, не используется национальный стандарт ГОСТ Р 57668-2017 или какой-либо другой стандарт для описания метаданных. Поэтому для описания пространственных наборов данных, картографических сервисов, комплектов наборов данных, отдельных пространственных объектов и свойств объектов необходимо было выработать *профиль метаданных* и соблюсти его в ведомственной ИС ИО РАН.

Серия стандартов ISO 19115-1:2014/ ГОСТ Р 57668-2017 определяет методологию формирования метаданных географической (пространственной) информации и содержит концептуальную модель метаданных. *Профиль* метаданных на основе стандартов позволяет описывать географические данные с целью их каталогизации. Профиль серии стандартов ISO 19115-1:2014/ ГОСТ Р 57668-2017 – это документ, являющийся специализацией (адаптацией) стандарта (стандартов) для использования в конкретном сообществе. В состав профиля включаются только те аспекты стандарта (стандартов), которые требуются для решения задач этого сообщества. Также состав профиля может быть расширен аспектами, отсутствующими в стандартах (Тохийян, 2013; Тохийян, Кошкин, 2011).

Стандартизация данных и метаданных решает следующие задачи:

а) Унификация и совместимость систем: стандартизация метаданных позволяет обеспечить совместимость и интеграцию различных информационных систем, что делает возможным обмен метаданными между ними; способствует международному сотрудничеству в области океанологии, обеспечивая совместимость систем разных стран.

б) Обеспечение доступности данных: стандартизация упрощает доступ к данным для исследователей, позволяя им быстро находить и использовать нужную информацию.

в) Каталогизация данных: применение стандартов ISO 19115-1:2014/ ГОСТ Р 57668-2017 позволяет каталогизировать географические данные, что способствует их эффективному хранению и поиску.

г) Повышение качества данных: стандарты определяют требования к оценке качества данных и метаданных, что способствует повышению их точности.

д) Снижение затрат: унификация систем и процессов может привести к снижению затрат на разработку и поддержку информационных систем.

Как показала практика, в различных ведомствах обработанные и первичные данные хранятся не в едином унифицированном хранилище (например, ИС на основе СУБД с инструментарием), а часто в различных форматах или просто бессистемно на жестких дисках; для чтения первичных и специфических производных данных требуется свое уникальное ПО, к данным отсутствуют метаданные, сформированные по какому-либо стандарту. Такая ситуация частично существовала и в ИО РАН для

гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и других данных, и после создания ИС *OceanDB*, в которой была проведена существенная унификация и разработан формат данных *OceanML*, как расширение языка *XML*.

Отсутствие унификации приводило к тому, что иногда важнейшие научные данные были недоступны для широкого круга исследователей, постепенно устаревали вместе с программным обеспечением и бесследно пропадали навсегда. Казалось бы, создание ИС *ODBASE* так же, как и ее предшественника, преследовало те же цели, а именно:

- создание базы данных под управлением реляционной СУБД для хранения данных экспедиционных исследований;
- поиск данных по различным параметрам и предоставление описательной документации к ним;
- создание инструментов для простого графического анализа и сравнения выбранных данных.

Но, в отличие от предшественника – *OceanDB* – при разработке *ODBASE* более широко и всеохватывающе использовалась серия международных стандартов по представлению географической информации ISO 19100 (The ISO 19100 series of geographic information standards... [Электронный ресурс], 2003, 2014) и национальный стандарт ГОСТ 57688-2017 (Национальный стандарт..., 2014). А для разработки комплекса программного обеспечения применялись современные языки программирования, библиотеки и программные каркасы, при проектировании базы данных использовался язык визуального моделирования – *UML*⁶ и частично унифицированный процесс разработки программного обеспечения.

Для достижения поставленных целей было решено создать новую систему из четырех компонентов: базы данных, серверного приложения, *Web*-приложения и отдельной программы формирования метаданных к данным экспедиционных исследований на основе профиля стандарта ГОСТ 57688-2017. Предполагалось, что в созданную базу будут перенесены данные, накопленные в существующих БД и дисковых хранилищах ИО РАН и системы *OceanDB*.

Архитектура информационной системы *ODBASE*

На рисунке 1 представлена обобщенная схема работы *ODBASE*. На схеме отражены только основные блоки и добавлены потенциальные источники информации для понимания того, как данные попадают в систему. Система разработана на основе «клиент-серверной архитектуры».

Для понимания архитектуры системы ее работу можно представить на примере того, как данные попадают к конечному пользователю.

⁶ UML (Jacobson, 1999; Kruchten, 2000) – предоставляет визуальный синтаксис для моделирования и является независимым от языков и платформ, поддерживает объектно-ориентированные языки программирования.

По завершении рейса начальником экспедиции составляется отчет о проведенных исследованиях, на основе этого отчета в программе *MetadataExp* формируется XML-файл по стандарту ГОСТ 57688-2017. Затем этот файл записывается в БД в таблицу экспедиций.

Данные, полученные в экспедиции, калибруются, обрабатываются в соответствии с научными методиками и рекомендациями производителей приборов, на которых они были измерены. Далее данные загружаются в БД, в таблицы, которым они соответствуют.

После этого данные становятся доступны пользователю в виде информации и графиков через Web-приложение.

В последующих разделах отдельные блоки информационной системы описываются более подробно.

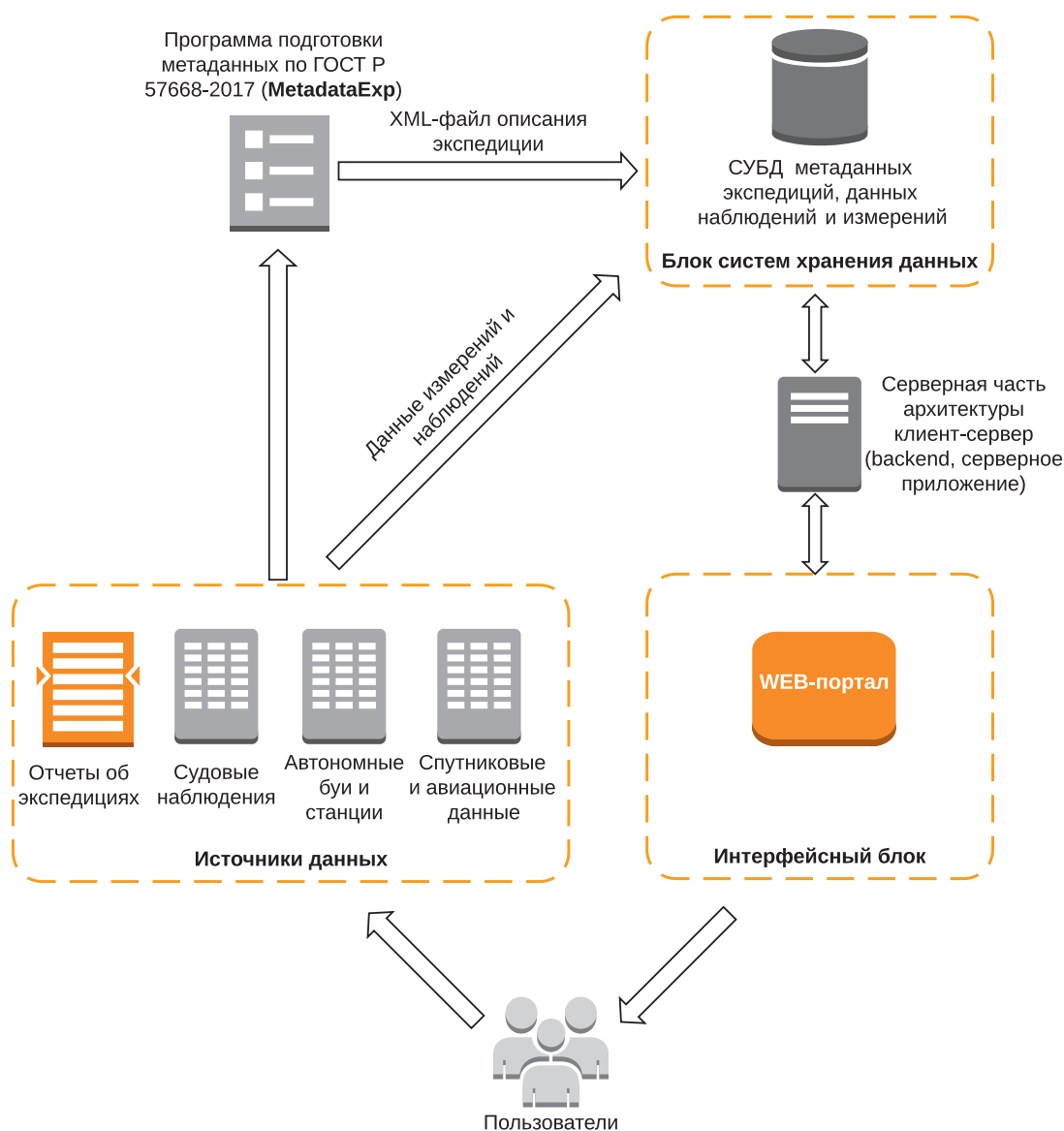


Рис. 1 – Архитектура взаимодействия компонент информационной системы ODBASE

Приложение подготовки метаданных

Автономное приложение *MetadataExp* служит для формирования сводки об экспедиции (метаданных об экспедиции) на основании отчета начальника экспедиции. В этом приложении заполняется форма с такими полями: дата, время, географический охват, информация об организациях, проводивших экспедицию, информация о наблюдениях, инструментах, приборах, качестве данных и др. Метаданные на основе ввода пользователя формируются в соответствии с профилем стандарта ГОСТ 57688-2017 и стандартами серии ISO 19100. После заполнения всех требуемых форм приложение *MetadataExp* создает XML-файл со сводкой об экспедиции. Полученный XML-файл передается в СУБД информационной системы. На рисунке 2 представлен фрагмент кода XML, на котором видны элементы метаданных, закодированные в соответствии с вышеуказанными стандартами.

```
<gmd:individual>
  <gmd:CI_Individual>
    <gmd:positionName>
      <gco:CharacterString />
    </gmd:positionName>
  </gmd:CI_Individual>
</gmd:individual>
</gmd:party>
</gmd:CI_ResponsibleParty>
</gmd:responsibleParty>
</gmd:MD_Constraints>
</gmd:resourceConstraints>
<gmd:abstract>
  <gco:CharacterString>Станций и данные станций выполненных в 41-ом рейсе Ак. Иоффе.
  Северная Атлантика, Фареро-Шетландский, Исландско-Фарерский проливы.</gco:CharacterString>
</gmd:abstract>
<gmd:citation>
  <gmd:CI_Citation>
    <gmd:title>
      <gco:CharacterString>41-ый рейс НИС "Академик Иоффе"</gco:CharacterString>
    </gmd:title>
    <gmd:alternateTitle>
      <gco:CharacterString>AI41</gco:CharacterString>
    </gmd:alternateTitle>
    <gmd:date>
      <gmd:CI_Date>
        <gmd:date>
          <gco>Date>6/30/2013</gco>Date>
        </gmd:date>
        <gmd:dateType>
          <gmd:CI_DateTypeCode codeList="" codeListValue="creation (создание)"
codeSpace="" />
        </gmd:dateType>
      </gmd:CI_Date>
    </gmd:date>
```

Рис. 2 – Фрагмент метаданных в формате XML (по ГОСТ 57688-2017 и стандартам ISO 19100)

Для создания программы использовался язык C# (компилятор языка является свободно распространяемым, как и платформа .Net).

Профиль серии стандартов ISO 19115-1:2014/ ГОСТ Р 57668-2017 метаданных экспедиции создан при помощи ПО Sparx Systems Enterprise Architect (EA) на основе подготовленных EA-проектов “The Harmonized Model Maintenance Group” (GitHub (a) [Электронный ресурс]).

На рисунке 3 представлен пример заполнения блока диалога главного пакета стандарта ГОСТ Р 57668-2017 под названием *MD_Metadata*. Заполняемый блок диалога относится к части пакета стандарта (класс *CI_Responsibility*) и определяется как «Информация о стороне и ее роли». Под стороной в стандарте подразумевается тот, кто предоставляет данные, к которым привязываются метаданные. В спецификации стандарта эта часть пакета *MD_Metadata* является обязательной для заполнения хотя бы в одном экземпляре. Тем не менее, не все поля могут быть заполнены, что и указано цветом в программе *MetadataExp*. Розовые к заполнению обязательны, зеленые – нет.

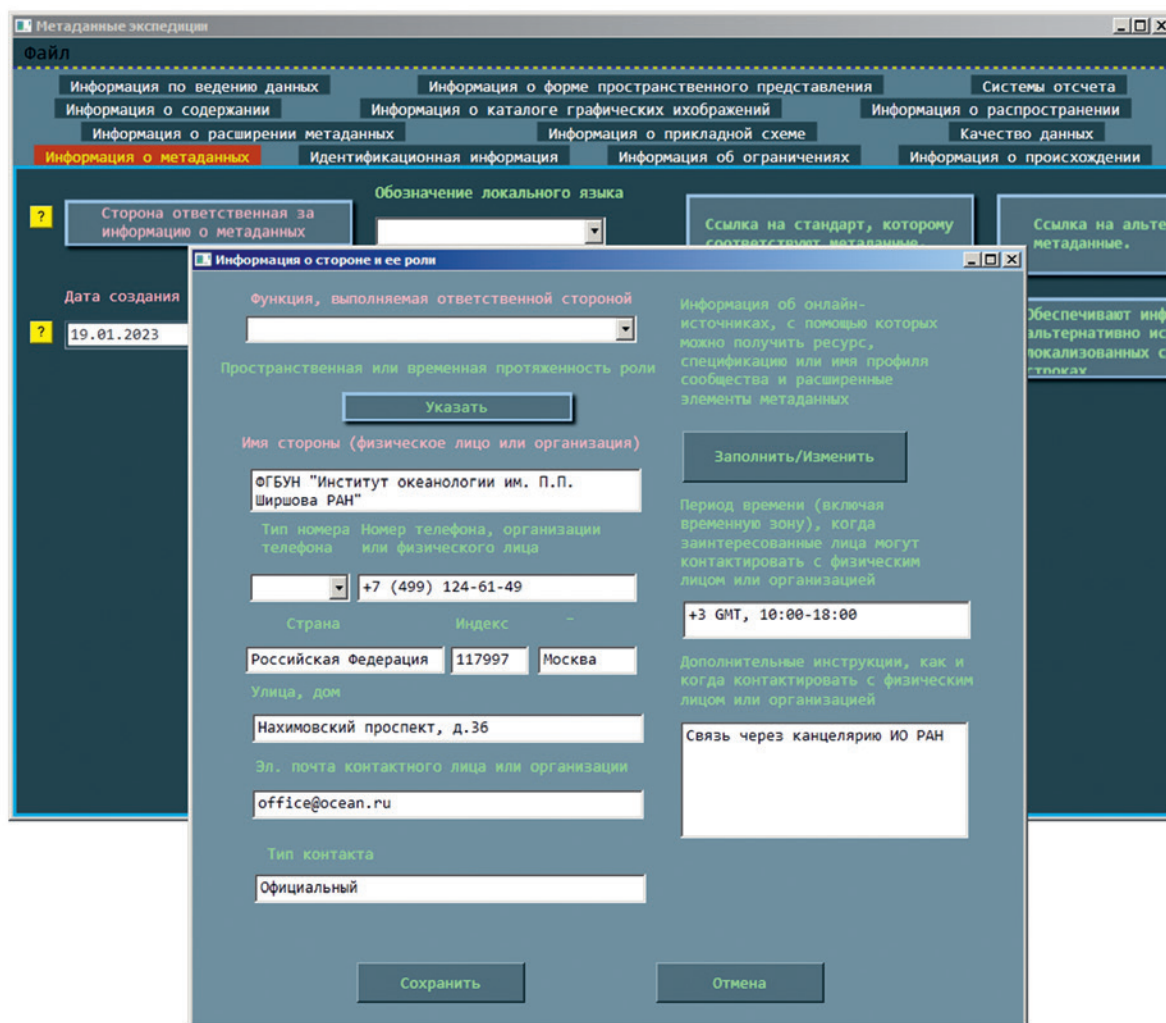


Рис. 3 – *MetadataExp* – программа для формирования метаданных об экспедиции

БД метаданных экспедиций, данных наблюдений и измерений

Данные измерений и наблюдений импортируются в СУБД *PostgreSQL*, связываются с кодом экспедиции, в ходе которой они были получены, и раскладываются по таблицам и полям базы данных. Очевидно, что такой подход внесения и хранения разобранных данных в полях базы данных существенно ограничивает возможности и масштабируемость информационной системы. В дальнейшем будут выработаны: профиль метаданных стандартов ISO 19115-1:2014/ ГОСТ Р 57668-2017 для детального описания наборов данных, транспортные форматы файлов данных, механизмы их хранения, поиска и доступа к данным. Похожая, но намного более широкая функциональность, реализована в *Common Data Index* европейского проекта *SeaDataNet* (Schaap, Lowry, 2010).

На рисунке 4 представлена диаграмма сущностей и связей (*ER*-диаграмма), которая отражает схему⁷ базы данных.

На диаграмме видно, что связь данных с главной таблицей экспедиций обеспечивается за счет кода экспедиции (*expedition_expcode*), на который ссылаются все таблицы с данными как на внешний ключ. В настоящее время в БД поддерживается работа с 25 видами сущностей – параметрами морской воды и атмосферы. На рисунке все сущности представлены расположенными по периметру блоками, в каждом указано название сущности и приведен перечень ее атрибутов. Сущность «Экспедиции» (расположена в центре) занимает особое место, поскольку она обеспечивает связь со всеми остальными сущностями. Связи между сущностями обозначены линиями, на которых указаны названия ключевых атрибутов, например, для связываемых сущностей «Экспедиции» (*expeditions*) и «Температура воды» (*wtemp*) указаны названия ключевых атрибутов: *+expedition-expcod* и *+wtemp-expcode*.

В СУБД *PostgreSQL* подключено расширение *PostGIS*, благодаря которому в таблицах базы данных используются поля с типом данных *Geometry* для хранения пространственных данных в трех координатах (более 11 типов пространственных объектов линии, точки, многоугольники и др.) и появляется возможность задействования пространственных индексов для быстрого поиска данных по координатам.

Сформированные пользователем метаданные экспедиции, как и в *OceanDB*, хранятся в виде данных составного типа *XML* в поле *expedition_metadata* таблицы *expeditions*⁸.

При создании базы данных была использована методика «универсального процесса разработки» (Арлоуб Нейштадт, 2007), в соответствии с которой были созданы концептуальная, логическая и физическая модели данных, на основе проработки которых была спроектирована новая БД.

⁷ Схема базы данных – это структура базы данных, описанная на формальном языке; чертеж организации данных, связей между данными. Сущности в базе данных – это абстракции реально существующих объектов, а их атрибуты описывают характеристики объекта – значения – данные, хранимые в базе данных.

⁸ Интересно заметить, что в информационной системе *OceanDB* в начале 2000-х годов в СУБД *Oracle Database* использовалась такая же, на то время уникальная функциональность, по хранению *XML*-данных в поле таблицы с возможностью поиска и доступа к отдельным элементам *XML* внутри поля.

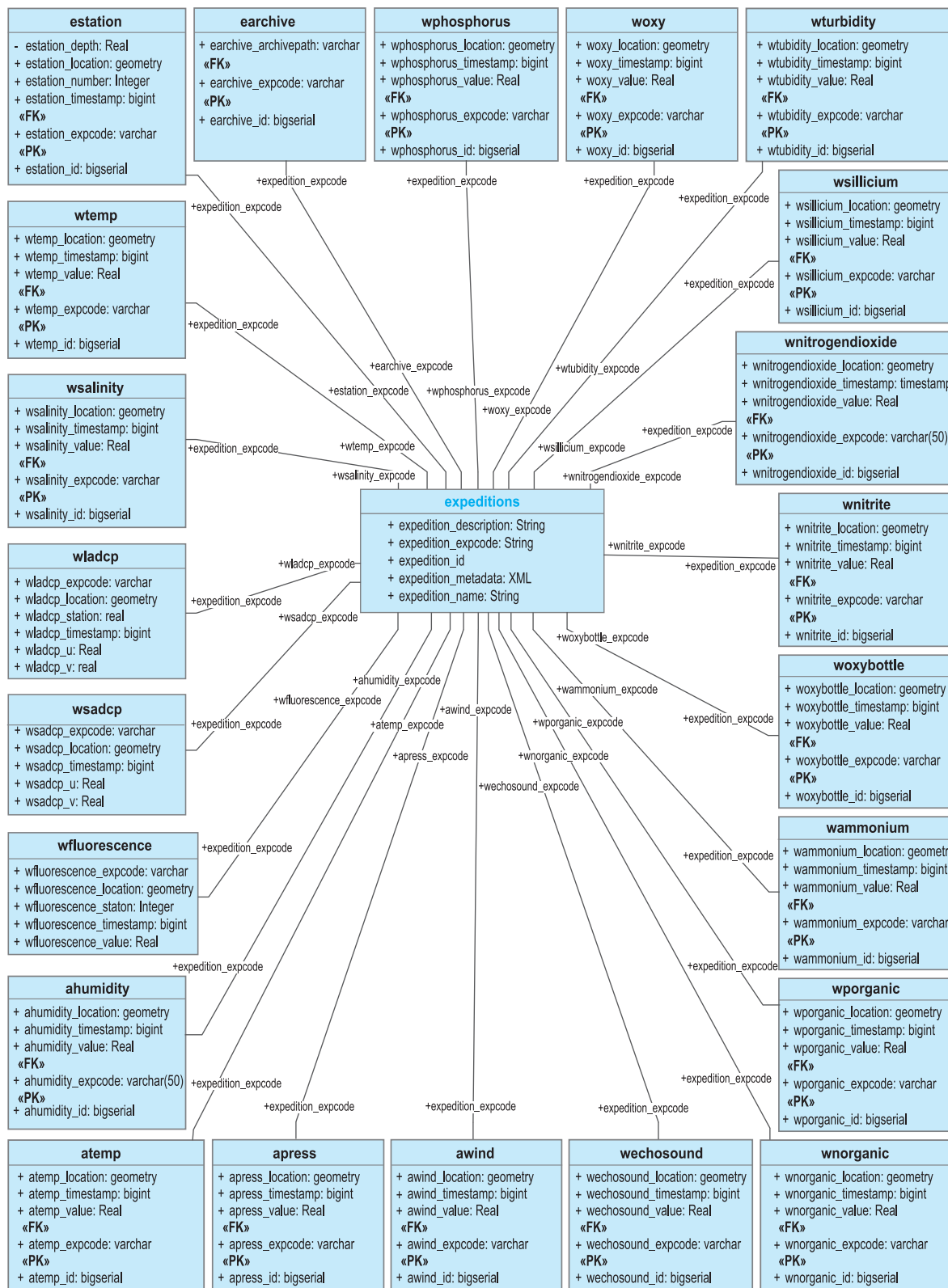


Рис. 4 – Диаграмма сущностей и связей, отражающая структуру БД, здесь «PK» – стереотипы поля первичного ключа, которые содержат уникальные значения ID, по которому однозначно идентифицируется запись, «FK» – поля внешнего ключа, выступают в роли правила для контроля записи – обеспечивают контроль и гарантируют, что значения точно есть в той таблице, на которую идет ссылка

Серверное приложение

Серверное приложение выступает в роли связующего звена между *Web*-порталом, с которым работают пользователи, и базой данных. В серверном приложении организуется вся логика предметной области взаимодействия между пользователем и СУБД: обработка запросов от *Web*-портала и создание ответов через программный интерфейс (*REST API*), сохранение и извлечение данных из базы данных, разграничение доступа к данным.

Серверная компонента создавалась на языке программирования *Java*, на основе набора библиотек *SpringBoot* и объектно-реляционной библиотеки *Hibernate*. К преимуществам такого выбора можно отнести:

- кроссплатформенность, открытость *JVM*-платформы;
- наличие большого количества стабильных, открытых *Java*-библиотек промышленного уровня (класса предприятия);
- проектирование приложений в рамках набора библиотек *SpringBoot*, которое позволяет создавать типовые архитектуры на основе *Spring*, применять шаблоны проектирования без необходимости разработки новой уникальной и сложно поддерживаемой архитектуры с нуля;
- в составе *SpringBoot* есть готовые встроенные *Web*-серверы (*Apache Tomcat*, *Eclipse Jetty*) – это упрощает запуск серверного приложения в виде микросервиса;
- простая настройка и управление приложением, разработанным в программном каркасе *SpringBoot*;
- серверное приложение использует *ORM* (*object-relating mapping*) библиотеку *Hibernate*, вместо обычного *JDBC*⁹, что позволяет не писать в коде *SQL*-запросы к базе данных, а библиотека генерирует их самостоятельно. *ORM*-функциональность позволяет автоматически настроить соответствие полей объектов *Java* полям таблицы базы данных, что значительно упрощает программный код.

На рисунке 5 представлена диаграмма пакетов и классов серверного приложения и зависимостей между ними. Эта *UML*-диаграмма разработана с помощью ПО *Sparx Systems Enterprise Architect*. Здесь пунктирными линиями отображается направление зависимости. Потоки данных имеют двустороннее направление по этим связям.

Главный класс серверного приложения *OdbaseApplication* выполняется в первую очередь, осуществляя инициализацию программы, устанавливая правила безопасности с помощью пакета “*security*” и затем запускает процесс прослушивания *TCP*-порта для получения сетевых соединений. При получении запроса *OdbaseApplication* проверяет его правильность и перенаправляет запрос пакету контроллеров “*controller*”. Два класса пакетов контроллера *EstationController* и

⁹ *Java Database Connectivity* (*JDBC*) – это интерфейс прикладного программирования (*API*) для языка программирования *Java*, который определяет, как клиент может получить доступ к базе данных. Этот *API* реализует типовые операторы обновления, такие как *SQL CREATE*, *INSERT*, *UPDATE* и *DELETE*, или операторы запросов, такие как *SELECT*.

ExpeditionController анализируют полученные запросы на предмет наличия конечных точек (обработчиков) в строке запроса – *endpoints*. После нахождения таких точек в запросе контроллеры определяют, какие сервисы пакета “*service*” необходимы и вызывают их. Сервисы описывают предметную логику работы приложения и для работы с данными БД обращаются к пакету репозитория “*repository*”.

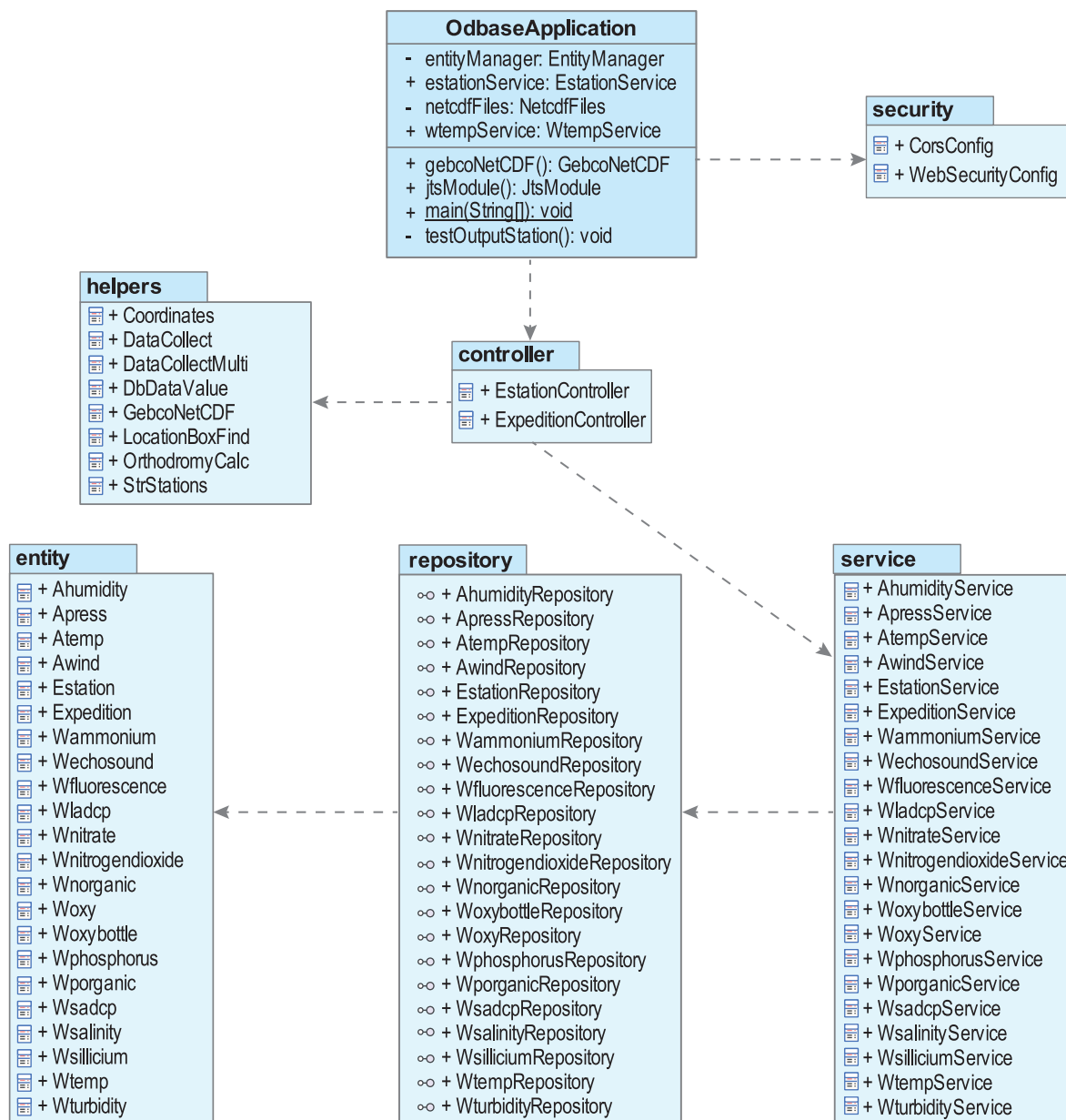


Рис. 5 – UML-диаграмма пакетов сервера с классами в пакетах и их зависимостями. Здесь пунктирными линиями отображается направление зависимости. Поток данных имеют двустороннее направление по этим связям

Web-портал

Информация о проведенных морских экспедициях, помещенная в информационную систему, данные наблюдений и измерений каталогизируются в базе данных и становятся доступны для пользователей через *Web*-портал.

Для создания *Web*-приложения используется подход «одностраничное приложение» и взаимодействие с сервером через программный интерфейс *REST API*. Реализация *Web*-приложения выполнена с помощью программного каркаса *JavaScript – Vue.js* и ряда библиотек для формирования интерфейсов (*Vuetify, Vuex*), работы с графикой и картами (*D3.js, Plotly.js, Leaflet*). Приложение построено по иерархической структуре и разбито на отдельные компоненты, каждый из которых выполняет свою роль:

- 1) представление полученных данных в графическом и текстовом формате;
- 2) взаимодействие с серверным приложением;
- 3) построение линейных и контурных графиков для анализа найденных данных.

Пример интерфейса *Web*-портала приведен на рисунке 6. На рисунке изображено: основная рабочая карта, график температуры на одной из станций, отмеченных на карте, и таблица метаданных экспедиции, в которой выполнены измерения на этой станции. Аналогичные представления формируются по запросам и для других физических параметров путем выделения интересующего района на карте и выбора отобразившихся станций.

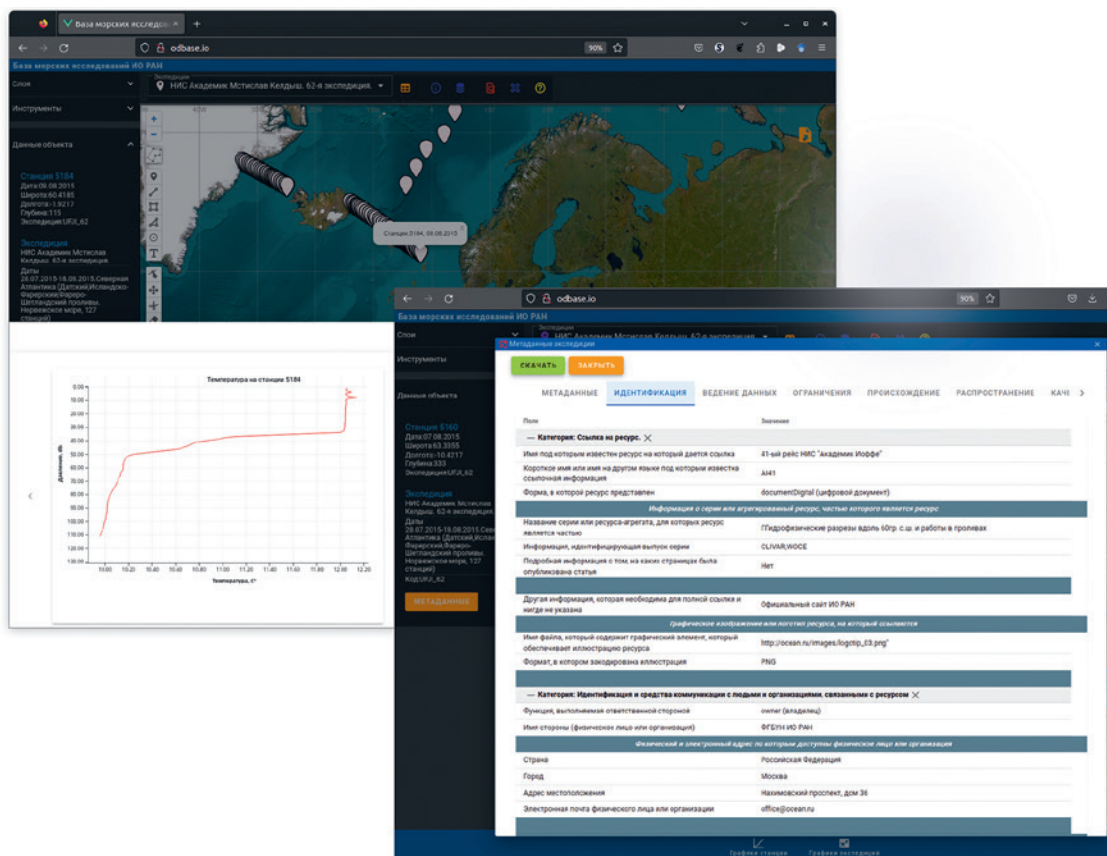


Рис. 6 – *Web*-портал информационной системы ODBASE

Технически серверное приложение не генерирует страницы для пользователя, а только передает данные. *Vue.js* – программный каркас *JavaScript* – осуществляет построение графического пользовательского интерфейса на стороне клиента, загружается один единственный раз при входе на сайт. Действия пользователя в *Web*-интерфейсе не приводят к перезагрузке страниц, и поведение интерфейса пользователя сходно с работой обычной автономной программы на компьютере. Для хранения временных данных и компонентов *Web*-приложения на стороне клиента задействована современная библиотека *Vuex*, а для работы с картой используется одна из популярных современных библиотек *Leaflet*, которая позволяет наносить на карту и растровые, и векторные слои.

Направления дальнейшей работы

Океанологические базы данных, как правило, имеют сходные концептуальные и функциональные характеристики. Сходная функциональность обусловлена сходными целями, такими как: сохранность данных и результатов проведенной научно-исследовательской работы, поиск, оценка качества и применимости данных для многократного использования. Учитывая этот фактор, в целях поступательного развития *ODBASE* можно выделить следующие направления для дальнейшей работы:

1. Взаимодействие с пользователями информационной системы *ODBASE*. Выявление сценариев использования.

2. Дальнейшая разработка программного обеспечения *MetadataExp*. Расширение функционала для формирования наборов данных и метаданных к ним. Доработка программы для запуска на различных операционных системах и мобильных устройствах.

3. Создание словарей параметров путем адаптации словарей ЕСИМО и *BODC*¹⁰.

4. Доработка системы хранения, позволяющая сохранять, отслеживать изменения, обеспечивать доступ к данным в файлах в транспортных форматах. Разработка профилей метаданных для наборов данных.

5. Разработка модулей системы для автоматизированной записи метаданных и всех возможных попутных сведений во время получения данных на НИС, например: данные *GPS*, эхолота; объем воды, прошедшей через центрифугу; высота установки датчика на судне; плохие погодные условия, текстовые события и описания наблюдений, вводимые вручную в качестве контекста при сборе данных (Diviasso, Sorribas, et. al., 2017).

6. Разработка средств проверки качества данных и метаданных на основе международных стандартов.

7. Разработка разграничения прав доступа в информационной системе на основе ролей.

¹⁰ UML (Jacobson, 1999; Kruchten, 2000) – предоставляет визуальный синтаксис для моделирования и является независимым от языков и платформ, поддерживает объектно-ориентированные языки программирования.

8. Публикация профилей метаданных экспедиций, метаданных наборов данных, словарей параметров.

9. Рассмотрение возможности включения в информационную систему оперативных данных.

Заключение

В работе рассмотрены факторы, обусловившие возникновение новой информационной системы *ODBASE*. Проанализированы региональные информационные системы для хранения и отображения данных океанологических наблюдений в различных научных организациях России, была сделана попытка разобраться в причинах недостаточной их востребованности и прекращения разработки. Рассмотренная архитектура информационной системы *ODBASE* включает приложение для формирования метаданных, реляционную СУБД, серверное приложение (*backend*) и *Web*-портал, а в качестве средств разработки использовано ПО с открытым исходным кодом. В реализации *ODBASE* используется серия стандартов ISO 19115-1:2014 / ГОСТ Р 57668-2017, определяющая методологию формирования метаданных океанологических наблюдений и содержащая концептуальную модель метаданных. Разработанная информационная система *ODBASE* позволяет каталогизировать, сохранять, предоставлять пользователям данные измерений и наблюдений, а также описания океанологических экспедиций. В дальнейшей работе особое внимание будет уделено анализу сценариев использования *ODBASE* пользователями, будут дорабатываться приложения для формирования метаданных, система хранения и *Web*-портал.

Задача создания системы мониторинга и выполнения задач непрерывного и оперативного навигационного, экологического и гидрометеорологического обеспечения работ на море и безопасности мореплавания в акваториях (Землянов, 2024), которая была поставлена на сессии Конференции «Россия в Десятилетии ООН наук об океане», сможет в перспективе найти свое частичное решение в использовании *ODBASE* для работы с океанологическими данными на основе национальных и международных стандартов.

Использование в настоящей работе профилей метаданных, построенных на серии стандартов ISO 19115-1:2014, разработанных Техническим комитетом ISO/TC-211 (GitHub (b) [Электронный ресурс]), подтверждает актуальность развития систем и БД в направлении международной стандартизации.

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания по теме № FMWE-2024-0024. Авторы выражают глубокую признательность рецензентам и ответственному редактору выпуска С. М. Шаповалову за критический, но при этом дружелюбный взгляд, подробный разбор, ценные замечания и рекомендации, сделанные в процессе рецензирования статьи, которые существенно улучшили эту работу.

Список литературы

1. *Арлоу Д., Нейштадт А.* UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование. 2-е издание / Пер. с англ. Н. Шатохиной. СПб: Символ-Плюс, 2007. 624 с. ISBN-13: 978-5-93286-094-6. ISBN-10: 5-93286-094-4.
2. *Белокопытов В. Н., Мельников В. В., Токарев Ю. Н., Василенко В. И.* Программный пакет «Гидроэколог» для обработки экспедиционных данных // Морской экологический журнал. 2008. Т. 7. № 1. С. 17–22. EDN: TUELBJ.
3. *Вязилов Е. Д.* Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане: интеграция информационных ресурсов и метаданные // Сб. тезисов Пятой Юбилейной Открытой Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2007 г. С. 158.
4. *Годин Е. А., Вецало М. П., Галковская Л. К., Горячкин Ю. Н., Жук Е. В., Ингеров А. В., Исаева Е. А., Касьяненко Т. Е., Пластун Т. В.* Информационная поддержка исследований прибрежных зон Черного и Азовского морей // XXIX Береговая конференция: Натурные и теоретические исследования – в практику берегопользования: Сборник материалов Всероссийской конференции с международным участием, Калининград, 18–24 апреля 2022 года. Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2022. С. 331–334. EDN: REUUEZ.
5. *Голик А. В., Фищенко В. К., Дубина В. А., Митник Л. М.* Корпоративная океанографическая ГИС ДВО РАН: интеграция спутниковых и подспутниковых данных по северо-западной части Тихого океана // Исследование Земли из космоса. 2004. № 6. С. 73–80. EDN: OVYEKL.
6. *Дмитриева Е. В., Ростов И. Д.* Разработка и реализация баз океанографических данных по северной части Тихого океана / Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Тихоокеан. океанол. ин-т им. В. И. Ильичева. Владивосток: Дальнаука, 2004. ISBN 5-8044-0403-2. EDN: QKEKDL.
7. *Еремеев В. Н., Халиулин А. Х., Ингеров А. В., Жук Е. В., Годин Е. А., Пластун Т. В.* Современное состояние банка океанографических данных МГИ НАН Украины: программно-математическое обеспечение // Морской гидрофизический журнал. 2014. № 2. С. 54–66. EDN: TEYRAP.
8. *Жмур В. В., Метальников А. А., Осипенко М. В., Свиридов С. А., Соловьев В. А., Филипчук Ю. Б.* Система мониторинга окружающей среды – ИС МОС // Сб. трудов Международной конференции МСОИ-2005. М.: ИО РАН, 2005. С. 78–80.
9. *Жук Е. В., Халиулин А. Х., Ингеров А. В.* Геоинформационная система «Черное море» // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 4. С. 83–87. EDN: XIQNHX.
10. *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.
11. *Землянов И. В.* Система мониторинга состояния и загрязнения морской среды в исключительной экономической зоне Российской Федерации для обеспечения безопасного мореплавания, развития туризма и мест отдыха, сохранения морских

- экосистем // Океанологические исследования. 2024. Т. 52. № 2. С. 107–120. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.52\(2\).6](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.52(2).6).
12. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с. ISBN: 5-1580231.
 13. Израэль Ю. А., Гасилина Н. К., Ровинский Ф. Я., Филиппова Л. М. Осуществление в СССР системы мониторинга загрязнения природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 117 с.
 14. Коваленко М. В., Мельников В. В., Мельник Л. А., Гребнева Е. А. База метаданных ИПТС по экспедиционным исследованиям в Черном море // Системы контроля окружающей среды. 2015. № 1 (21). С. 28–32.
 15. Кораблев А. А., Пнюшков А. В., Смирнов А. В. Создание океанографической базы данных для мониторинга климата в Северо-Европейском бассейне Арктики // Труды ААНИИ. 2007. Т. 447. С. 85–108.
 16. Круц А. А. Формирование баз данных по океанологической информации в региональном центре океанографических данных по Дальневосточному региону // Труды ГУ Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт. 2010. № 1. С. 370–377. EDN: [NENPDV](#).
 17. Мельник Л. А., Мельников В. В., Коваленко М. В., Мазлумян С. А. Использование базы данных (HYDRO_IPTS) в океанографических исследованиях // Системы контроля окружающей среды. 2016. № 3 (23). С. 42–51. EDN: [VRDBFR](#).
 18. Мельников В. В., Мельник А. В., Мельник Л. А., Белогурова Ю. Б., Жук В. Ф. Историческая база данных по морской биолюминесценции // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 12 (32). С. 44–51. EDN: [XZTFFJ](#).
 19. Мельников В. В., Полонский А. Б., Котолупова А. А., Гребнева Е. А., Мельник Л. А., Бирюкова М. А. GIS Института природно-технических систем // Системы контроля окружающей среды. 2016. № 4 (24). С. 49–55. EDN: [WHKQGD](#).
 20. Метальников А. А., Осипенко М. В., Свиридов С. А., Соловьев В. А., Утяков Л. Л., Филипчук Ю. Б. Структура и формат исследовательских данных по океанологии // Сборник трудов международной конференции МСОИ-2003. М.: ИО РАН, 2003. Часть I. С. 273–293. EDN: [EJZIK](#).
 21. 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](#).
 22. Национальный стандарт Российской Федерации. Пространственные данные. Метаданные. Часть 1. Основные положения // ГОСТ Р 57668-2017 (ИСО 19115-1:2014). М.: Стандартинформ, 2017. 162 с.
 23. 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](#).
 24. Первая Всероссийская конференция «Россия в Десятилетии ООН наук об океане». М.: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 2023. <https://minobrнауки.gov.ru/press-center/announcements/59631/>.
 25. 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. 149 с. ISBN: 978-5-7339-2038-2.

26. Ростов И. Д., Пан А. А., Ростов В. И., Дмитриева Е. В., Рудых Н. И., Гавреев А. И. Базы данных и информационные системы по океанографии ТОИ ДВО РАН для поддержки научных исследований и морской деятельности в Дальневосточном регионе // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2007. № 4 (134). С. 85–94. EDN: JSIJAP.
27. РЦОД [Электронный ресурс] / Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт. <http://www.ferhri.ru/napravleniya-rabot/2017-06-25-23-13-34/rtsod.html> (дата обращения: 01.08.2024).
28. 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>. EDN: KZYGPT.
29. Соловьев В. А., Свиридов С. А., Зарецкий А. В., Метальников, А. А. Центр данных ЕСИМО НКОЦ РАН // Современные методы и средства океанологических исследований: Материалы XIII Международной научно-технической конференции «МСОИ-2013», Москва, 2013. Т. 2. С. 14–20.
30. Тохиян О. О. ЦБГД, Описание систем классификации и кодирования, АФЕК.466515.059 П7, Профиль метаданных Единого БГД / ОАО НИИ ТП, 2013. 148 с.
31. Тохиян О. О., Кошкин К. В. Опыт разработки и эксплуатации геопортала Роскосмоса // Геоматика. 2011. № 2. С. 20–28. EDN: STYTFT.
32. Ураевский Е. П., Стадник В. С., Фадеева Л. А., Вязилов Е. Д. Создание и развитие ЕСИМО в Дальневосточном регионе // Труды ГУ Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт. 2010. № 1. С. 325–336.
33. Фищенко В. К., Голик А. В., Антушев С. Г., Кисленок Е. Г., Суботэ А. Е. Корпоративная океанологическая геоинформационная система ТОИ ДВО РАН: концепция, архитектура, реализация. В кн.: Дальневосточные моря России. Том 1. Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр «Наука», 2007. С. 558–606. EDN: TTPUNT.
34. Фищенко В. К., Голик А. В., Антушев С. Г. О проекте корпоративной океанологической информационно-аналитической системы ДВО РАН и задаче развертывания глобальной GRID-инфраструктуры отделения // Открытое образование, 2008. № 4 (69). С. 47–64.
35. Dick M. A. Schaap & Roy K. Lowry SeaDataNet – Pan-European infrastructure for marine and ocean data management: unified access to distributed data sets // International Journal of Digital Earth, 2010. 3:S1, 50–69, <https://doi.org/10.1080/17538941003660974>.
36. Digital Twins of the Ocean [Электронный ресурс] // DITTO Decade programme. <https://ditto-oceandecade.org/> (дата обращения: 01.08.2024).
37. Diviacco P., Sorribas J., De Cauwer K., Siquin J. M., Casas R., Busato A., Stoyanov Y., Scory S. Repositioning Data Management Near Data Acquisition. In: P. Diviacco, A. Leadbetter, & H. Glaves (Eds.) Oceanographic and Marine Cross-Domain Data Management for Sustainable Development. 2017. P. 178–199. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0700-0.ch008>.
38. EMODNET [Электронный ресурс] // European Marine Observation and Data Network (EMODnet). <http://www.emodnet.eu/> (дата обращения: 01.08.2024).
39. GitHub (a) [Электронный ресурс] // ISO/TC211 Harmonized Model Maintenance Group. Repository for information about the harmonized model. <https://github.com/ISO-TC211/HMMG> (дата обращения: 01.08.2024).

40. GitHub (b) [Электронный ресурс] // Software to operate the old ODB3A databases. <https://github.com/axline/ODBViewer> (дата обращения: 01.08.2024).
41. ISO 19115-1:2003(en) [Электронный ресурс] // Geographic information. Metadata. Part 1: Fundamentals. 2003. <https://www.iso.org/standard/26020.html> (дата обращения: 01.08.2024).
42. ISO 19115-1:2014(en) [Электронный ресурс] // Geographic information. Metadata. Part 1: Fundamentals. 2014. <https://www.iso.org/standard/53798.html> (дата обращения: 01.08.2024).
43. *Jacobson Ivar* The unified software development process. In: Computer software Development, UML (Computer science). Reading, Mass: Addison-Wesley, 1999. 463 p. ISBN: 0201571692.
44. *Kruchten Philippe* The Rational Unified Process, An Introduction. Addison Wesley, 2000. 320 p. ISBN: 0201707101.
45. *Smirnov A. V., Korablev A. A.* A regional oceanographic database for the Nordic Seas: from observations to climatic dataset / Proc. International Marine Data and Information Systems Conference IMDIS 2010 (29–31 March 2010) // Book of Abstracts, Conference Material / Eds. M. Fichaut, V. Tosello. IFREMER/SISMER: UNESCO, 2010. P. 81–82.
46. Software to operate the old ODB3A databases. <https://github.com/axline/ODBViewer> (дата обращения: 17.07.2024).
47. The ISO 19100 series of geographic information standards [Электронный ресурс] // ISO/TR 19120:2001(en) Geographic information – Functional standards. ISO Online Browsing Platform (OBP) <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:19120:ed-1:vl:en> (дата обращения: 01.08.2024).

Статья поступила в редакцию 30.06.2024, одобрена к печати 21.08.2024.

Для цитирования: *Запотько 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](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(2).11).

ODBASE – A SYSTEM FOR STORING AND DISPLAYING MARINE RESEARCH DATA OF THE INSTITUTE OF OCEANOLOGY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

V. S. Zapotylo, A. P. Popov, S. A. Sviridov, N. A. Rimsky-Korsakov

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

The Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences (IO RAS) has developed the ODBASE information system for cataloging, storing, displaying and searching for oceanographic expedition data. The article discusses the architecture of the information system, international and Russian metadata standards that form its basis. The previous information systems of IO RAS and some regional marine observation data management systems created in Russian scientific organizations over the past 25 years are analyzed. Probable reasons for the insufficient demand and termination of the development of oceanographic data storage and display systems are given. The presented areas of further work include an analysis of ODBASE use scenarios, refinement and expansion of the software functionality, and the possibility of using

operational data. The presented results are significant in light of the tasks of marine environment monitoring systems set at one of the sessions of the Conference “Russia in the UN Decade of Ocean Sciences. Marine Science for the Economy and Social Sphere of the Country” (Moscow, November, 2023).

Keywords: information system, expeditionary research, database, OceanDB, ODBASE, visual modeling language – UML, marine environment, data quality assessment, metadata standards, GOST, ISO

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the State Assignment on topic No. FMWE-2024-0024. The authors express their deep gratitude to the reviewers and the Executive Editor of the issue Dr. S. M. Shapovalov for a 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. Arlow, D. and A. Neustadt, 2007: *UML 2 and the Unified Process. Practical object-oriented analysis and design*, 2nd edition. Transl. English, Ed.: N. Shatkhina, Saint Petersburg, Symbol-Plus, 624 p., ISBN-13: 978-5-93286-094-6. ISBN-10: 5-93286-094-4.
2. Belokopytov, V. N., V. V. Melnikov, Yu. N. Tokarev, and V. I. Vasilenko, 2008: Software package «Hydroecologist» for processing expedition data. *Marine Ecological Journal*, 7 (1), 17–22, EDN: TUELBJ.
3. Dick, M. A. Schaap & Roy K. Lowry, 2010: SeaDataNet – Pan-European infrastructure for marine and ocean data management: unified access to distributed data sets. *International Journal of Digital Earth*, 3 (S1), 50–69, <https://doi.org/10.1080/17538941003660974>.
4. Digital Twins of the Ocean [Electronic resource]. *DITTO Decade programme*, <https://ditto-oceandecade.org/> (date of access: 01.08.2024).
5. Diviacco, P., J. Sorribas, K. De Cauwer, J. M. Sinquin, R. Casas, A. Busato, Y. Stoyanov, and S. Scory, 2017: Repositioning Data Management Near Data Acquisition. In: P. Diviacco, A. Leadbetter, & H. Graves (Eds.) *Oceanographic and Marine Cross-Domain Data Management for Sustainable Development*, IGI Global, 178–199, <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0700-0.ch008>.
6. Dmitrieva, E. V. and I. D. Rostov, 2004: *Development and implementation of oceanographic databases for the northern part of the Pacific Ocean*. Rus. Academy of Sciences, Far Eastern Branch, Pacific Oceanological Institute named after V. I. Ilychev, Vladivostok, Dalnauka, ISBN: 5-8044-0403-2, EDN: QKEKDL.
7. *EMODNET* [Electronic resource]. European Marine Observation and Data Network (EMODnet), <http://www.emodnet.eu/> (date of access: 01.08.2024).
8. Eremeev, V. N., A. Kh. Khaliulin, A. V. Ingerov, E. V. Zhuk, E. A. Godin, and T. V. Plastun, 2014: Current state of the oceanographic data bank of the MHI NAS of Ukraine: software and mathematical support. *Marine Hydrophysical Journal*, 2, 54–66, EDN: TEYRAP.
9. Fishchenko, V. K., A. V. Golik, and S. G. Antushev, 2008: *On the project of the corporate oceanographic information and analytical system of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences and the task of deploying the global GRID infrastructure of the branch*. Open education, 4 (69), 47–64.

10. Fishchenko, V. K., A. V. Golik, S. G. Antushev, E. G. Kislenok, and A. E. Subote, 2007: *Corporate oceanographic geoinformation system of the Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: concept, architecture, implementation. Far Eastern Seas of Russia*, Vol. 1. Moscow: Federal State Unitary Enterprise “Academic Scientific Publishing, Production, Printing and Book Distribution Center “Science”, **1**, 558–606, EDN: [TTPUHT](#).
11. GitHub (a) [Electronic resource]. *Software to operate the old ODB3A databases*, <https://github.com/axline/ODBViewer> (date of access: 01.08.2024).
12. GitHub (b) [Electronic resource]. *ISO/TC211 Harmonized Model Maintenance Group*. Repository for information about the harmonized model, <https://github.com/ISO-TC211/HMMG> (date accessed 01.08.2024).
13. Godin, E. A., M. P. Vetsalo, L. K. Galkovskaya, Yu. N. Goryachkin, E. V. Zhuk, A. V. Ingerov, E. A. Isaeva, T. E. Kasyanenko, and T. V. Plastun, 2022: *Information support for studies of the coastal zones of the Black and Azov Seas*. XXIX Coastal Conference: In-kind and theoretical studies – into coastal management practice: Proc. of the All-Russian conference with international participation, Kaliningrad, April 18–24, Kaliningrad, Immanuel Kant Baltic Federal University, 331–334, EDN: [REUUEZ](#).
14. Golik, A. V., V. K. Fishchenko, V. A. Dubina, and L. M. Mitnik, 2004: Corporate oceanographic GIS of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences: integration of satellite and subsatellite data for the northwestern part of the Pacific Ocean. *Research of the Earth from Space*, **6**, 73–80, EDN: [OVYEKL](#).
15. *ISO 19115-1:2003(en)* [Electronic resource]. Geographic information, Metadata, Part 1: Fundamentals. 2003, <https://www.iso.org/standard/26020.html> (date of access: 01.08.2024).
16. *ISO 19115-1:2014(en)* [Electronic resource]. Geographic information, Metadata, Part 1: Fundamentals. 2014, <https://www.iso.org/standard/53798.html> (date of access: 01.08.2024).
17. Israel, Yu. A., 1984: *Ecology and control of the state of the natural environment*. Moscow, Gidrometeoizdat, 560 p., ISBN: [5-1580231](#).
18. Israel, Yu. A., N. K. Gasilina, F. Ya. Rovinsky, and L. M. Filippova, 1978: *Implementation of a monitoring system for environmental pollution in the USSR*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 117 p.
19. Jacobson, Ivar, 1999: *The unified software development process. Computer software Development, UML (Computer science)*. Reading, Mass: Addison-Wesley, 463 p., ISBN: [0201571692](#).
20. Korablyov, A. A., A. V. Pnyushkov, and A. V. Smirnov, 2007: Creation of an oceanographic database for climate monitoring in the North European Arctic Basin. *Proceedings of the AARI*, **447**, 85–108.
21. Kovalenko, M. V., V. V. Melnikov, L. A. Melnik, and E. A. Grebneva, 2015: IPTS metadata base on expeditionary research in the Black Sea. *Environmental Monitoring Systems*, **1** (21), 28–32.
22. Kruchten, Philippe, 2000: *The Rational Unified Process, An Introduction*. Addison Wesley, 320 p., ISBN: [0201707101](#).
23. Kruts, A. A., 2010: Formation of databases on oceanographic information in the regional center of oceanographic data for the Far Eastern region. *Proceedings of the State Institution Far Eastern Regional Research Hydrometeorological Institute*, **1**, 370–377, EDN: [NENPDV](#).
24. Melnik, L. A., V. V. Melnikov, M. V. Kovalenko, and S. A. Mazlumyan, 2016: Use of the database (HYDRO_IPTS) in oceanographic research. *Environmental Monitoring Systems*, **3** (23), 42–51, EDN: [VRDBFR](#).
25. Melnikov, V. V., A. V. Melnik, L. A. Melnik, Yu. B. Belogurova, and V. F. Zhuk, 2018: Historical database on marine bioluminescence. *Environmental Monitoring Systems*, **12** (32), 44–51, EDN: [XZTFFJ](#).

26. Melnikov, V. V., A. B. Polonsky, A. A. Kotolupova, E. A. Grebneva, L. A. Melnik, and M. A. Biryukova, 2016: GIS of the Institute of Natural and Technical Systems. *Environmental Monitoring Systems*, **4** (24), 49–55, EDN: [WHKQGD](#).
27. Metalnikov, A. A., M. V. Osipenko, S. A. Sviridov, V. A. Solovyev, L. L. Utyakov, and Yu. B. Filipchuk, 2003: Structure and format of research data in oceanology. *Proceedings of the international conference MSOI-2003*, Moscow: Institute of Oceanology RAS, Part I., 273–293, EDN: [EJZIK](#).
28. Metalnikov, A. A., M. V. Osipenko, S. A. Sviridov, V. A. Solovyev, and Yu. B. Filipchuk, 2005: Repository of complex oceanological data. *Oceanology*, **45** (4), 622–628, EDN: [HRWTAJ](#).
29. *National standard of the Russian Federation*. Spatial data. Metadata. Part 1. Basic provisions. GOST R 57668-2017 (ISO 19115-1:2014), Moscow, Standartinform, 2017, 162 p.
30. 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 means of oceanographic research: *Collection of works of the VII International scientific and technical conference ISOI-2001*, Moscow, IO RAS, 87–88, EDN: [YZGUOL](#).
31. *RCOD* [Electronic resource]. Federal State Budgetary Institution Far Eastern Regional Scientific Research Hydrometeorological Institute, <http://www.ferhri.ru/napravleniya-rabot/2017-06-25-23-13-34/rtsod.html> (date of access: 01.08.2024).
32. Rostov, I. D., A. A. Pan, V. I. Rostov, E. V. Dmitrieva, N. I. Rudykh, and A. I. Gavreev, 2007: Databases and information systems on oceanography of the Pacific Oceanological Institute FEB RAS to support scientific research and marine activities in the Far Eastern region. *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, **4** (134), 85–94, EDN: [JSIJAP](#).
33. *Russia in the UN Decade of Ocean Sciences*: Abstracts 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, 149 p., ISBN: [978-5-7339-2038-2](#).
34. Smirnov, A. V. and A. A. Korablev, 2010: A regional oceanographic database for the Nordic Seas: from observations to climatic dataset. *Proc. International Marine Data and Information Systems Conference IMDIS 2010* (29–31 March 2010.), Book of Abstracts, Conference Material, Eds. M. Fichaut, V. Tosello. IFREMER/SISMER: UNESCO, 81–82.
35. *Software to operate the old ODB3A databases*. <https://github.com/axline/ODBViewer>, (date accessed 17.07.2024).
36. Solovyev, V. A., S. A. Sviridov, A. V. Zaretsky, and A. A. Metalnikov, 2013: Data Center of ESIMO NCOC RAS. Modern methods and means of oceanological research: *Proc. of the XIII International Scientific and Technical Conference “MSOI-2013”*, Moscow, **2**, 14–20.
37. Sviridov, S. A., N. A. Palshin, V. A. Solovyev, A. V. Zaretsky, and A. A. Metalnikov, 2010: Stationary complex for long-term measurements of oceanological parameters in real time. *Oceanology*, **50** (1), 151–160, <https://doi.org/10.1134/S0001437010010169>. EDN: [KZYGPT](#).
38. *The First All-Russian Conference “Russia in the UN Decade of Ocean Sciences”*. Moscow, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, 2023, <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/announcements/59631/>.
39. *The ISO 19100 series of geographic information standards* [Electronic resource]. ISO/TR 19120:2001(en) Geographic information – Functional standards. ISO Online Browsing Platform (OBP), <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:19120:ed-1:v1:en> (date accessed 01.08.2024).
40. Tokhiyan, O. O., 2013: *CBGD, Description of classification and coding systems*, AFEK. 466515.059 P7, Unified BGD metadata profile. JSC NII TP, 148 p.
41. Tokhiyan, O. O. and K. V. Koshkin, 2011: Experience in developing and operating the Roscosmos geoportal. *Geomatics*, **2**, 20–28, EDN: [STYTFT](#).

42. Urayevsky, E. P., V. S. Stadnik, L. A. Fadeeva, and E. D. Vyazilov, 2010: Creation and development of the Unified Information System in the Far Eastern region. *Proceedings of the State Institution Far Eastern Regional Research Hydrometeorological Institute*, **1**, 325–336.
43. Vyazilov, E. D., 2007: *Unified state system of information about the situation in the World Ocean: integration of information resources and metadata*. In *Sat. abstracts of the Fifth Anniversary Open All-Russian Conference “Modern problems of remote sensing of the Earth from space.”* Moscow, IKI RAS, November 12–16, p. 158.
44. Zapotytko, V. S., A. P. Popov, and S. A. Sviridov, 2023: *On an 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: abstracts of reports of the All-Russian Scientific-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, 101–104, ISBN: 978-5-7339-2038-2.
45. Zemlyanov, I. V., 2024: System for monitoring the state and pollution of the marine environment in the exclusive economic zone of the Russian Federation to ensure safe navigation, development of tourism and recreation areas, preservation of marine ecosystems. *Journal of Oceanological Research*, **52** (2), 107–120, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.52\(2\).6](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.52(2).6).
46. Zhuk, E. V., A. Kh. Khaliulin, and A. V. Ingerov, 2016: Geoinformation system “Black Sea”. *Environmental safety of the coastal and shelf zones of the sea*, **4**, 83–87, EDN: XIQHXX.
47. Zhmur, V. V., A. A. Metalnikov, M. V. Osipenko, S. A. Sviridov, V. A. Solovyev, and Yu. B. Filipchuk, 2005: Environmental monitoring system – IS MOS. *Proceedings of the International Conference MSOI-2005*, Moscow: Institute of Oceanology RAS, 78–80.

Submitted 30.06.2024, accepted 21.08.2024.

For citation: Zapotytko, 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](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(2).11).