

Научно-практические основы проекта «ЦИФРОВОЙ УСКАТ» и особенности его реализации

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-11-40-47>

ПОТАПОВ В.П.

Доктор техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник
ФГБНУ «Федеральный
исследовательский центр
информационных
и вычислительных технологий»,
650025, г. Кемерово, Россия

КУЗЬМИН Д.Г.

Сенатор Российской Федерации,
представитель от законодательного
(представительного) органа
государственной власти
Кемеровской области – Кузбасса,
650004, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kuzmin.dg@mail.ru

СЕРОУС Т.О.

Помощник сенатора
Совета Федерации
Федерального Собрания РФ,
координатор проекта
«Цифровой Обь-Иртышский бассейн»,
354000, г. Сочи, Россия

Существующие во всем мире проблемы загрязнения речных бассейнов, обусловленные деятельностью промышленных предприятий, особенно горнопромышленного комплекса, требуют новых подходов к количественной оценке степени техногенного воздействия. Для решения этой задачи необходимо разрабатывать принципиально новые системы мониторинга водной среды, базирующиеся на современных информационных технологиях. В статье приводится одно из возможных решений, опирающееся на технологии Интернета вещей и цифровых двойников, которое позволит не только непрерывно оценивать текущее состояние пилотного речного бассейна (одной из самых загрязненных в Кузбассе реки Ускат), но и прогнозировать и моделировать необходимые мероприятия по минимизации и ликвидации негативного воздействия. В работе приводятся как функциональная схема создания современной системы мониторинга, так и схемы взаимодействия отдельных ее элементов. Предлагаемый в работе подход целесообразно распространить и на другие промышленные регионы, для которых указанная проблематика также является актуальной.

Ключевые слова: геоэкологический мониторинг горных предприятий, цифровые двойники, мультимодальные данные, аэрокосмический мониторинг, дистанционное зондирование, Интернет вещей, цифровизация процессов горного производства, речной бассейн, контейнеры и хранилища данных, пространственные данные, математические модели, системы облачного сервиса.

Для цитирования: Потапов В.П., Кузьмин Д.Г., Сероус Т.О. Научно-практические основы проекта «ЦИФРОВОЙ УСКАТ» и особенности его реализации // Уголь. 2022. № 11. С. 40-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-40-47.

ВВЕДЕНИЕ

Значительные изменения социально-природно-техногенной среды в районах с интенсивной угледобычей заставляют разрабатывать новые подходы к оценке степени их влияния, учитывая как качественные, так и количественные характеристики происходящих физических процессов. Одновременно с этим отметим, что значительно возросшее количество данных, ими обусловленное, требует перехода на новые цифровые технологии, на основе которых предполагается строить современные системы экологического мониторинга, позволяющие получать, хранить и обрабатывать потоки пространственных данных. Изменение самих данных и появление их новых видов (аэрокос-

мические данные дистанционного зондирования, потоки данных, генерируемые разнообразными датчиками Интернета вещей и другие), объединяемых термином «мульти-modalность», приводят к необходимости создания принципиально новых классов систем, которые, с использованием новейших информационных технологий, позволят эффективно работать с такими данными. Одной из таких технологий являются «цифровые двойники» и лежащие в их основе «цифровые тени», которые получают широкое распространение в последнее время. В настоящей работе нами рассматривается один из возможных подходов к реализации подсистемы цифрового геоэкологического мониторинга бассейна реки Ускаат в Кузбассе в районах, которые имеют высокую техногенную нагрузку. Система реализуется как элемент цифрового двойника третьего типа и в настоящее время готовится к реальной апробации.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

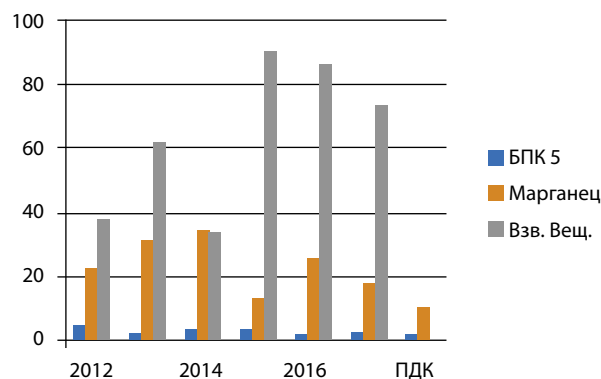
В настоящее время общепризнанным фактом становятся процессы загрязнения водных бассейнов хозяйствующими объектами, находящимися на их территории. Говоря об экологической реабилитации таких объектов, необходимо заметить, что сама объективная оценка техногенного воздействия вызывает определенные трудности как методического, так и научного плана, в связи с отсутствием современных систем мониторинга, которые бы позволили решить эту непростую задачу. Переход на цифровые технологии систем геоэкологического мониторинга приводит к значительному увеличению объемов мульти-modalных данных из различных источников. Обеспечение их интеграции возможно только путем создания нового класса информационных платформ, обеспечивающих создание единого информационного пространства, соответствующего мировым стандартам обработки пространственных данных. Интеграция методов дистанционного и наземного мониторинга с цифровыми математическими моделями обеспечивает эффективную обработку больших объемов пространственных данных, существенно повышая эффективность мониторинга, обеспечивая комплексную оценку воздействия угледобывающего предприятия на состояние природно-техногенной среды.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В 2019 г. по инициативе губернатора Кузбасса С.Е. Цивилева был разработан проект «Цифровой Обь-Иртышский бассейн», предусматривающий создание современной системы комплексного управления водными ресурсами крупнейшего речного бассейна России, включая создание современной системы экологического мониторинга состояния водных объектов и разработку мер по его сохранению и экологической реабилитации на основе самых современных цифровых технологий. Проект должен обеспечить:

- масштабирование предусмотренных проектом технологий на другие водные объекты России и других стран;
- принятие тактических и стратегических решений в сфере управления водными ресурсами с учетом реаль-

Река Ускаат- наиболее загрязненный приток р. Томь



Среднегодовые концентрации превысили ПДК:

- нефтепродуктов в 5 раз; фенолов в 2 раза;
- азота нитритного в 1,9 раза;
- азота аммонийного в 1,6 раза;
- органических соединений по показателю БПК 5 в 1,8 раза;
- марганца в 1,3 раза; железа общего в 1,5 раза.

Рис. 1. Оценка загрязнений на реке Ускаат

ных и перспективных техногенных нагрузок и прогнозирования результатов их влияния на состояние водных объектов;

- формирование межрегиональных сетей современных цифровых постов гидрологического и гидрохимического мониторинга;
- направленную реализацию целевых мер по оздоровлению водных объектов и снижению экологической нагрузки на окружающую природную среду.

Актуальность и перспективность проекта были признаны приобскими регионами – участниками проекта и подтверждены на федеральном уровне. Для апробации предусмотренных проектом технологий было принято решение о реализации пилотного проекта на реке Ускаат (рис. 1), в рамках которого поставлена задача практической реализации нового подхода к созданию элементов современного геоэкологического мониторинга.

В настоящей работе рассматривается общий концептуальный подход к созданию современной системы цифрового геоэкологического мониторинга с использованием подхода, описанного в работе [1] и основанного на элементах технологии «цифровых двойников», позволяющей не только осуществлять интеграцию мульти-modalных данных о состоянии окружающей среды, но и проводить их обработку и анализ для принятия необходимых решений по управлению водными ресурсами речного бассейна.

Разработанная система ориентируется на решение следующих научно-практических задач:

- идентификация объектов техногенной нагрузки и их вклада в общую техногенную нагрузку на водный объект;
- моделирование и прогнозирование природно-техногенных катастроф;
- моделирование процессов, связанных с обмелением рек;
- идентификация переносов загрязнений и нарушений водного баланса;

- моделирование процессов, влияющих на состояние биоресурсов водного объекта;
- комплексная оценка и диагностика состояния как всего речного бассейна, так и его отдельных элементов;
- оценка влияния качества воды на здоровье населения.

При реализации проекта ожидается получить следующие эффекты:

- для федеральных и региональных органов власти: создание современных управленческих инструментов для прогнозирования, стратегического и тактического планирования, разрешительной и контрольно-надзорной деятельности, принятия решений при нарушении технологических режимов использования водных объектов, регулирования сфер, связанных с комплексным управлением водными ресурсами;
- для научно-образовательных организаций: решение сложных научно-технических задач мирового уровня, создание основанных на передовых разработках сетевых образовательных программ для формирования «профессий будущего», значительное повышение конкурентоспособности научно-образовательных организаций;
- для промышленных организаций-водопользователей: построение основанной на больших данных системы управления экологическими рисками и современной системы производственного экологического контроля, идентификация уровня техногенной нагрузки на водные объекты от каждого водопользователя, планирование технологических изменений в процессах производства на основе данных современных цифровых систем контроля, обеспечивающих плановое снижение ущерба окружающей среде и себестоимости производства;
- для высокотехнологичного бизнеса: создание новых сегментов производства и сервиса, включая построение отрасли экологического машиностроения, а также новых цифровых платформенных решений и сервисов с использованием последних достижений в области информационных технологий;
- для населения: улучшение экологических условий проживания вблизи водных объектов, создание новых высокотехнологичных рабочих мест.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ И ЭЛЕМЕНТЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Существующие на сегодня технологии создания цифровых двойников в большинстве своем связаны с их типами, которые определены в работах [1, 2, 3, 4, 5].

Наиболее распространена классификация, включающая три типа двойников: цифровые двойники-прототипы (Digital Twin Prototype, DTP), цифровые двойники-экземпляры (Digital Twin Instance, DTI) и агрегированные двойники (Digital Twin Aggregate, DTA).

DTP-двойник – это прототип некоторого физического объекта, включающий в себя информацию, которая нужна для создания физической версии объекта, и описание его свойств. Для производственных условий она может состоять из 3D-модели объекта, условий для его создания, технологических регламентов, необходимых материалов и т.п. Чаще всего этот тип двойника исполь-

зуется в машиностроении, авиастроении и других отраслях, где может осуществляться сборка целого из разнообразных частей.

DTI – двойники-экземпляры применяются в том случае, когда имеется конкретный физический объект, с которым двойник остается связанным на протяжении всего жизненного цикла. Двойники этого типа содержат 3D-модель с характерными параметрами, спецификации на материалы, используемые при создании физического объекта, спецификации технологических процессов и операций, которые применяются при создании этого физического объекта, а также любых его тестовых испытаний, историю его сервисного обслуживания, включая замену отдельных деталей, текущие и прогнозируемые значения параметров мониторинга и другие параметры, возникающие в процессе производства.

DTA – двойники-агрегаторы (наиболее интересные с точки зрения научных исследований) определяются как распределенная информационно-вычислительная система, организующая доступ ко всем цифровым двойникам-экземплярам, которая может посылать им потоковые (активные и пассивные) запросы, получая необходимую информацию для последующего воздействия на их состояние.

Иными словами, цифровые двойники предполагают управление связью между пограничными устройствами и внутренними системами с последующим зеркальным отражением изменений в виртуальной модели устройства. В данной работе в качестве основы были использованы именно двойники третьего типа, которые наиболее приспособлены для создания различных систем мониторинга. Современные системы мониторинга, в своем большинстве, создаются на основе инфраструктуры пространственных данных (в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 августа 2006 г. № 1157-р «Об одобрении Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации»), определяемой как информационно-телекоммуникационная система, обеспечивающая доступ пользователей к национальным распределенным ресурсам пространственных данных, а также распространение и обмен в сети Интернет в целях их производства и использования. Наиболее общее определение систем мониторинга, как системы регламентированного сбора данных, организации их структурированного хранения, обработки и анализа с целью принятия необходимых управленческих решений на сегодняшний день должно претерпеть некоторые изменения, в том числе связанные с появлением технологий цифровых двойников. В современной интерпретации любые системы мониторинга являются пассивными пользователями пространственных данных, а принятие решений на их основе никак не связывается с изменением их параметров.

Иными словами, система не знает, что происходит с результатами анализа, которые она генерирует для управления внешней средой, так как она не получает сигналов от самой среды, за которой проводится наблюдение. И этот факт существенным образом сказывается на качестве управленческих решений, так как они принимают-

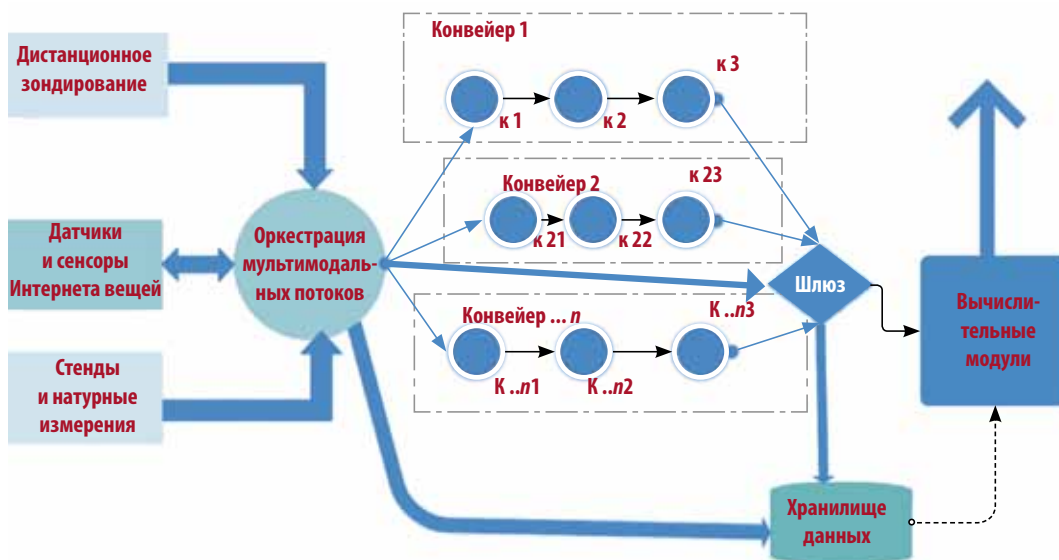


Рис. 2. Информационная модель цифровой фабрики на основе средств контейнеризации и оркестрации

ся с запаздыванием, даже в случае применения систем, работающих в режиме реального времени. Кроме этого, современные системы мониторинга в большинстве своем рассчитаны на традиционные пространственные данные, получаемые посредством периодических точечных замеров, и их анализ достаточно проблематично распространить на большие площади, что является характерной особенностью различных горнопромышленных систем мониторинга (геомеханического, технологического, экологического и др.). Отсутствие связи с различными математическими моделями и современными методами обработки и анализа данных еще более усугубляет данную ситуацию. По нашему мнению, использование технологий цифровых двойников позволит создать современные системы мониторинга, наиболее адекватно описывающие процессы наблюдения за сложными природными объектами, а также контроля их состояния с учетом современных тенденций развития средств измерения, методов искусственного интеллекта и новейших математических моделей (имеются в виду 3D-модели в гетерогенных средах) [1]. Для конкретизации декларируемого подхода рассмотрим пример создания конкретной системы экологического мониторинга предприятий горнопромышленного комплекса (на примере угольной промышленности) с использованием технологии цифровых двойников, реализованной в форме цифровой фабрики, общая схема которой показана на рис. 2.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА «ЦИФРОВОЙ УСКАТ»

Информационно-вычислительная система цифрового двойника, реализованная как цифровая фабрика [6], состоит из нескольких взаимосвязанных блоков, назначение и описание которых приведены ниже.

Блок «Среда» предназначен для описания данных, получаемых от объектов среды по всем средам, подвергаемым техногенным нагрузкам, а именно:

- воздух;
- почва;

– вода (реки, ручьи, искусственные водоемы и др.).

Для каждой среды существует набор регистрируемых параметров, на основе которых создаются соответствующие метаописания и базы данных, служащие для разработки интеллектуальных датчиков на основе технологий Интернета вещей [7], объединяемых в сети, обеспечивающие буферизацию и передачу информации в «Блок туманных вычислений» [8], который обеспечивает оптимизацию информационных потоков за счет предварительной обработки временных рядов, генерируемых средой мониторинга.

«Блок облачных сервисов» включает:

– коммуникационный сервер, обеспечивающий маршрутизацию и перераспределение информационных потоков цифрового двойника;

– сервер приложений, включающий в себя геопортал и соответствующие службы для удаленного доступа пользователей и взаимодействия с вычислительным блоком.

Блок «Хранилище данных» включает интегрированные базы пространственной информации, включающие данные дистанционного зондирования Земли, и обеспечивает необходимой информацией все элементы цифрового двойника.

«Блок математических моделей и методов искусственного интеллекта» обеспечивает создание интерактивных моделей наблюдаемой среды, включая системы искусственного интеллекта на основе нейронных сетей, реализующих агентный подход.

«Блок принятия решений» реализует визуализацию информации в наиболее удобной для пользователей форме, а также создает обратные связи в среде цифрового двойника.

Отметим, что именно блок математических моделей и методов искусственного интеллекта обеспечивает переход от цифровой фабрики к «цифровому двойнику», производя расчеты нестационарных режимов в системе и реализуя обратные связи с исходными состояниями, либо повторение расчетов с заменой исходных данных. Дальнейшая детализация системы выполняется на уровне

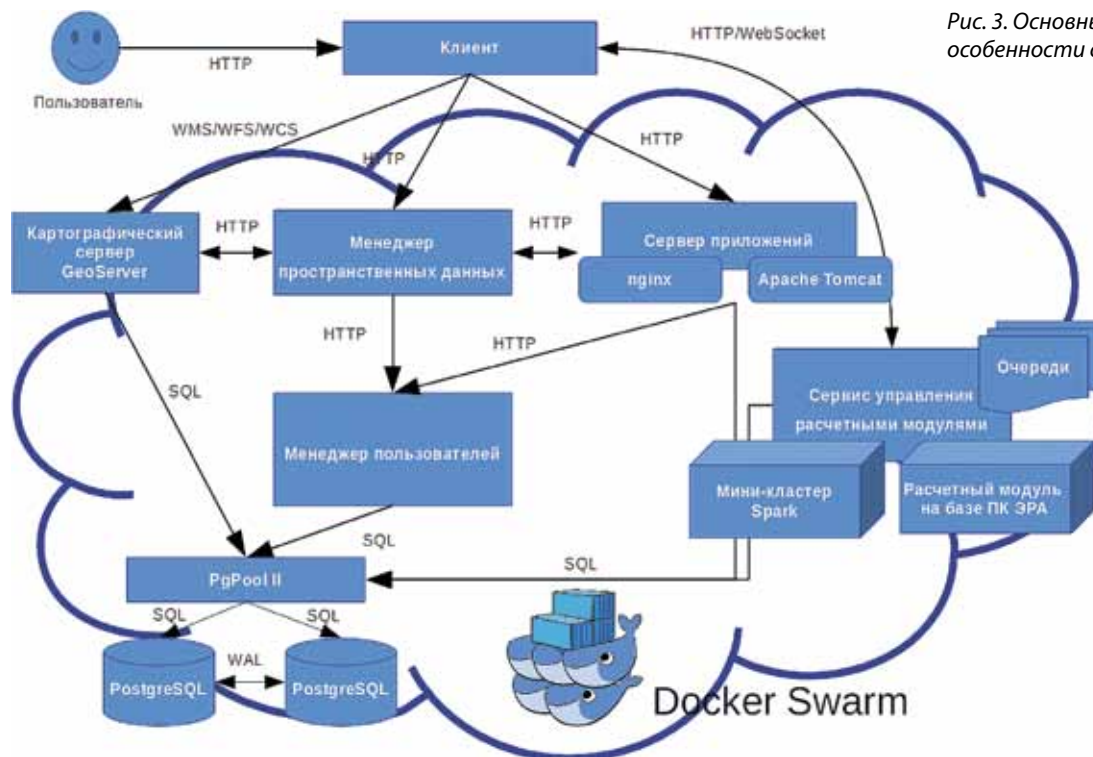


Рис. 3. Основные функциональные особенности системы

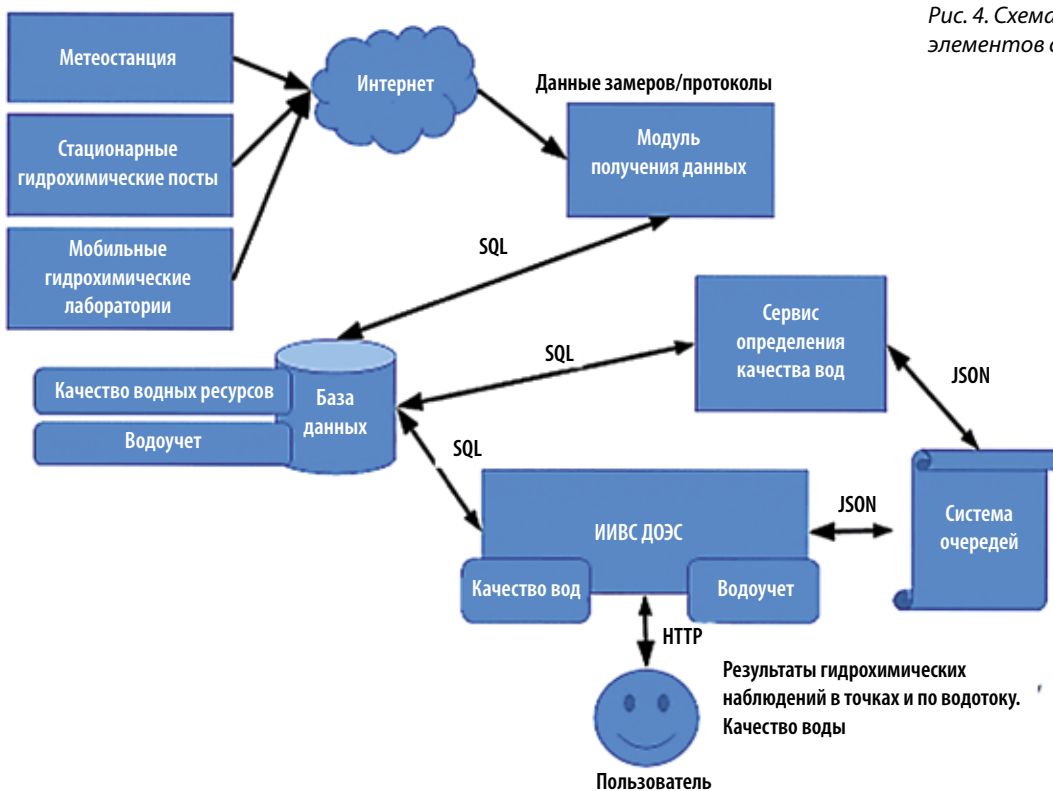


Рис. 4. Схема взаимодействия элементов системы мониторинга

соответствующих разделов, входящих в ее блоки. Общая функциональная схема системы представлена на рис. 3.

Схема взаимодействия элементов программно-аппаратного комплекса для пилотного проекта «Цифровой Ускат», реализованная как элемент цифровой экоплатформы на миникластере, показана на рис. 4.

Основные функциональные особенности системы. Сервер приложений

Все блоки подсистемы мониторинга реализуются через комплексную платформу ИИВС ДОЭС (информационно-измерительная вычислительная система для оценки экологической ситуации). Сервер приложений предназна-

чен для отображения основной электронной карты, которая объединяет слои пространственных данных, отражающих текущее местоположение речного бассейна, его инфраструктуру, точки мониторинга и отбора проб и т.д. Главная страница раздела состоит из самой электронной карты, которая занимает основную площадь экрана, и блока управления слоями. Слои представлены в виде дерева и объединены в группы. Предусмотрены функции включения/отключения слоев, масштабирования и перемещения карты, измерения длины и площади объектов. Для объектов слоя по нажатию на них реализуется функция просмотра атрибутов. При этом все пространственные данные разделяются на три группы. В первую входят слои, для которых нет значимых атрибутов, и информация не выводится. Для второй – отображаются только данные из таблицы самого слоя. Третья группа связана с тематическими базами данных и при выводе на экран содержит расширенные сведения и ссылки на другие разделы. Раздел может содержать функции для вызова инструментов анализа данных.

Основные функции (сервисы):

- просмотр карты с функциями: масштабирование, позиционирование, включение/выключение слоев;
- отображение дерева слоев с функцией включения/выключения слоев и групп слоев целиком;
- отображение атрибутивной информации по объектам по нажатию на них;
- отображение атрибутивной информации из тематической базы данных;
- измерение длины произвольной линии или площади полигона, нарисованного пользователем;
- в качестве подложки могут использоваться данные дистанционного зондирования Земли или результаты их анализа, с последующей передачей данных в блок математических моделей и методов искусственного интеллекта.

Раздел «Водные ресурсы», используемый как сервером приложений, так и хранилищем данных

Раздел предназначен для работы с данными, полученными в ходе мониторинга водных ресурсов, включает в себя несколько подразделов. Первый предназначен для управления точками отбора проб и результатами их гидрохимического, микробиологического и паразитологического анализа. На главной странице выводятся список точек отбора проб и их краткое описание. Из каждой точки можно перейти к пробе, для которой указаны дата отбора и номер протокола анализа (со сканом протокола). Из каждой пробы можно перейти к результатам анализа, разделенным на несколько секций. В первой приведен список загрязняющих веществ с указанием их концентраций и их сравнения с показателями ПДК (превышение ПДК отмечается красным цветом, а норма – зеленым). Ниже расположены секции, содержащие микробиологические и паразитологические показатели. Для анализа их изменений предусмотрен модуль формирования таблиц и графиков, отражающих состав и концентрацию загрязняющих веществ в

пробах воды и снега. Построение гистограмм (линейных графиков) осуществляется для отражения динамики изменения концентраций загрязняющих веществ во времени или между точками отбора проб на выбранную дату. Построение круговых диаграмм используется для отражения соотношения концентраций загрязняющих веществ выбранной пробы. Выгрузка сводных таблиц производится в Excel.

Второй подраздел включает функции ведения базы данных водопотребления и водоотведения. Первая страница содержит несколько секций. В первой представлен перечень пунктов забора воды с указанием их характеристик. Из каждого пункта можно перейти к журналу с показателями ежедневного потребления воды по данным средств учета. Во второй представлен перечень пунктов выпуска вод с указанием их характеристик. Из каждого пункта можно перейти к журналу с показателями ежедневного водоотведения сточных вод по данным средств учета. На отдельной странице расположены суммарные данные по качеству (состав, концентрация, расход воды) сбрасываемых сточных и дренажных вод по выпускам на текущую дату.

Подраздел «Отчетность» предназначен для автоматизации генерации отчетов по формам «Журнал учета водопотребления и водоотведения» (форма 3.1-3.3 Приказа Минприроды РФ от 08.07.2009 № 205 «Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества») и 2 ТП-Водхоз (Приказ Росстата от 19.10.2009 № 230 (с изм. на 05.05.2016) «Об утверждении статистического инструментария для организации Росводресурсами федерального статистического наблюдения об использовании воды»). Отчеты формируются на произвольный диапазон дат по выбору пользователя и после просмотра импортируются в Excel.

Подраздел «Анализ качества водных ресурсов» включает модули, реализующие расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), оценку качества вод по ассоциативным показателям (АП), энтропийный анализ, определение состава подземных и поверхностных вод по формуле Курлова и классификацию ионного состава поверхностных и подземных вод по формуле О.А. Алекина. Дополнительно нами разработана модель оценки качества вод на основе нейронных сетей глубокого обучения (рекуррентные сети). Во всех указанных случаях пользователь имеет возможность выбирать пробы по нескольким критериям (дата отбора, точки отбора, водный объект, загрязняющие вещества).

Раздел включает также несколько справочников (средства измерения забора воды, водные объекты, классификатор водных объектов, загрязняющие вещества с ПДК, типы вод, единицы измерения и т.д.), обеспечивающих оперативное внесение новых данных. На основе базы данных раздела формируются слои «Точки отбора поверхностных вод», «Точки отбора снеговых и дождевых вод», «Скважины отбора подземных вод», «Точки забора и сброса вод».

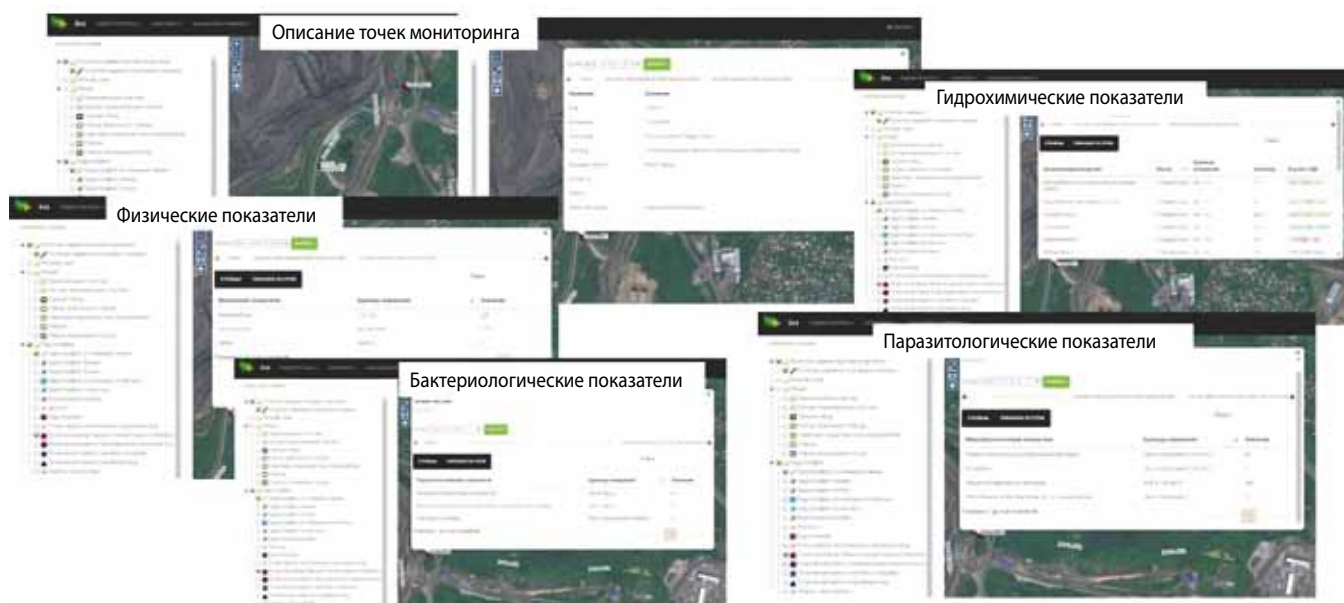


Рис. 5. Интерфейс и пример работы системы

Основные функции (требования):

- добавление, редактирование, удаление, просмотр точек отбора проб воды;
- добавление, редактирование, удаление, просмотр проб воды;
- добавление, редактирование, удаление, просмотр состава проб воды;
- сравнение концентраций загрязняющих веществ с ПДК (зеленый цвет – норма, красный – превышение);
- интуитивно понятный переход по цепочке: точка отбора – проба – результаты анализа и обратно;
- построение графиков изменения концентрации загрязняющих веществ с выбором точек отбора на электронной карте, видов загрязняющих веществ (список доступных загрязняющих веществ фильтруется с учетом существующих замеров) и диапазона дат;
- добавление, редактирование, удаление, просмотр пунктов забора воды;
- ведение журнала потребления воды;
- интуитивно понятный переход по цепочке пунктов забора воды – журнал и обратно;
- добавление, редактирование, удаление, просмотр пунктов выпуска воды;
- ведение журнала водоотведения сточных вод;
- интуитивно понятный переход по цепочке пунктов водоотведения сточных вод – журнал и обратно;
- построение отчетов по формам «Журнал учета водопотребления и водоотведения» и 2 ТП-Водхоз на произвольный диапазон дат по выбору пользователя с выгрузкой в Excel;
- добавление, редактирование, удаление, просмотр справочников (средств измерения забора воды, водные объекты, классификатор водных объектов, загрязняющие вещества с ПДК, типы вод, единицы измерения и т.д.);

- предоставление API для отображения подробной атрибутивной информации для слоев раздела;
- расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), оценка качества вод по ассоциативным показателям (АП), энтропийный анализ, определение состава подземных и поверхностных вод по формуле Курлова и классификация ионного состава поверхностных и подземных вод по формуле О.А. Алекина.

Интерфейс и пример работы системы представлены на рис. 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в работе подход к созданию элементов прикладной системы цифрового мониторинга на основе технологии цифровых двойников демонстрирует возможность эффективного конструирования цифровых программно-аппаратных комплексов с применением современных средств как получения, так и передачи пространственной информации о состоянии элементов сложных социально-природно-техногенных объектов. Реализованный в ходе работ пилотный комплекс будет использоваться для решения практических задач, связанных с оценкой состояния водного бассейна реки Ускат в Кузбассе.

Список литературы

1. Потапов В.П., Шокин Ю.И., Юрченко А.В. Цифровые двойники как технология создания нового поколения систем экологического мониторинга горнопромышленных комплексов / Распределенные информационно-вычислительные ресурсы. Цифровые двойники и большие данные. (DICR-2019): Труды XVII Международной конференции (3-6 декабря 2019 г.). Новосибирск / Под ред. О.Л. Жижимова, А.В. Юрченко. Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2019. С. 9-16.

2. Michael W. Grieves. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication – LLC. 2014. 7 p.
3. Shyam Varan Nath, Pieter van Schalkwyk. Building Industrial Digital Twins. Birmingham UK: Published by Packt Publishing Ltd. 2021. 286 p.
4. Прохоров А., Лысачев М. ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
5. Gopal Chaudhary, Manju Khari, Mohamed Elhoseny. Digital Twin Technology. CRC Press Abingdon, Oxon. 2022. 253 p.
6. An Approach for Realizing Hybrid Digital Twins Using Asset Administration Shells and Apache StreamPipes / Michael Jacoby, Branislav Jovicic, Ljiljana Stojanovic et al. // Information. 2021. 12. 217. URL: <https://doi.org/10.3390/info12060217> (дата обращения: 15.10.2022).
7. Kanagachidambaresan G.R., Anand R., Balasubramanian E., Mahima V. Editors Internet of Things for Industry 4.0 Design, Challenges and Solutions. Springer Nature Switzerland AG, 2020. 266 p.
8. Nassim Khaled, Bibin Pattel, Affan Siddiqui. Digital Twin Development and Deployment on the Cloud. London: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2020. 582 p.

DIGITALIZATION OF MINING PROCESSES

Original Paper

UDC 330.338.2:622.852.85 © V.P. Potapov, D.G. Kuzmin, T.O. Serous, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 11, pp. 40-47
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-11-40-47>

Title

SCIENTIFIC AND PRACTICAL FOUNDATIONS OF THE DIGITAL USKAT PROJECT AND SPECIFIC FEATURES OF ITS IMPLEMENTATION

Authors

Potapov V.P.¹, Kuzmin D.G.², Serous T.O.³

¹ Federal Research Center for Information and Computational Technologies, 650025, Kemerovo, Russian Federation

² Legislative (representative) body of the state power in the Kemerovo Region – Kuzbass, 650004, Kemerovo, Russian Federation

³ Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation

Authors Information

Potapov V.P., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Research Associate

Kizmin D.G., Senator of the Russian Federation, Representative, e-mail: kuzmin.dg@mail.ru

Serous T.O., Assistant to Senator, Coordinator Digital Ob'-Irtysk Basin Project

Abstract

The problems of river basin pollution, caused by the activities of industrial enterprises, especially those in the mining industry, are known globally and require new approaches to quantitative assessment of the man-made impact. The solution to this problem requires the development of fundamentally new systems for monitoring the aquatic environment based on modern information technologies. The paper presents one of the possible solutions based on the Internet of Things and digital twin technologies, which will make it possible not only to continuously assess the current state of the pilot river basin (the Uskat River, one of the most polluted in Kuzbass), but also to forecast and model the required measures to minimize and liquidate the negative impact. The work provides both a functional diagram of creating a modern monitoring system and diagrams of interaction between its individual elements. It is advisable to extend the proposed approach to other industrial regions, which also face the same problems.

Keywords

Geo-environmental monitoring of mining enterprises, Digital twins, Multimodal data, Aerospace monitoring, Remote sensing, Internet of Things, Digitalization of mining operations, River basin, Containers and data storage, Spatial data, Mathematical models, Cloud service systems.

References

1. Potapov V.P., Shokin Yu.I. & Yurchenko A.V. Digital twins as a technology to create a new generation of environmental monitoring systems of mining

complexes. Distributed information and computing resources. Digital Twins and Big Data. (DICR-2019): Proceedings of the XVII International Conference (December 3-6, 2019), Novosibirsk. Edited by Zhizhimova O.L., Yurchenko A.V. Novosibirsk: Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019, pp. 9-16. (In Russ.).

2. Michael W. Grieves. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication – LLC, 2014, 7 p.

3. Shyam Varan Nath & Pieter van Schalkwyk. Building Industrial Digital Twins. Birmingham UK, Published by Packt Publishing Ltd, 2021, 286 p.

4. Prokhorov A. & Lysachev M. A DIGITAL TWIN. Analysis, trends, world experience. Moscow, AlliancePrint Publ., 2020, 401 p. (In Russ.).

5. Gopal Chaudhary, Manju Khari & Mohamed Elhoseny. Digital Twin Technology. CRC Press Abingdon, Oxon, 2022, 253 p.

6. Michael Jacoby, Branislav Jovicic, Ljiljana Stojanovic & Nenad Stojanovic. An Approach for Realizing Hybrid Digital Twins Using Asset Administration Shells and Apache StreamPipes // Information. 2021. 12. 217. Available at: <https://doi.org/10.3390/info12060217> (accessed 15.10.2022).

7. Kanagachidambaresan G.R., Anand R., Balasubramanian E. & Mahima V. Editors Internet of Things for Industry 4.0 Design, Challenges and Solutions. Springer Nature Switzerland AG, 2020, 266 p.

8. Nassim Khaled, Bibin Pattel & Affan Siddiqui. Digital Twin Development and Deployment on the Cloud. London, Academic Press is an imprint of Elsevier, 2020, 582 p.

For citation

Potapov V.P., Kuzmin D.G. & Serous T.O. Scientific and practical foundations of the Digital Uskat Project and specific features of its implementation. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 40-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-40-47.

Paper info

Received September 15, 2022

Reviewed September 30, 2022

Accepted October 26, 2022