

О программном и информационном обеспечении проектирования и эксплуатации инфраструктуры рециклинга

Г. А. Куприянов¹, Р. И. Сольнищев²

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина);

Международный институт инжиниринга в экологии и безопасности человека

¹science@help-in.ru, ²remira70@mail.ru

Аннотация. Обсуждаются вопросы проектирования и эксплуатации инфраструктуры рециклинга твёрдых коммунальных отходов в части программного и информационного обеспечения, представлены структуры и описания их компонент. Уделено внимание взаимодействию с распределённым реестром, построенным на базе технологии blockchain, как со средой для регистрации событий жизненного цикла объекта проектирования.

Ключевые слова: охрана природы; экология; САПР; программное обеспечение; блокчейн; базы данных

I. ВВЕДЕНИЕ

Счётная палата Российской Федерации в 2020 году признала безуспешной «мусорную реформу» [8]. Для дальнейшего её развития необходимо перейти к разделённому накоплению отходов (РНО) и реализации концепции расширенной ответственности производителей (РОП), что признано в Правительстве РФ [9] на фоне стремительного роста массы образующихся отходов и числа несанкционированных свалок, и, как следствие, колоссального экологического ущерба окружающей среде, наносимого ими. Одновременно признана необходимость отказа от мусоросжигания как от опасного и убыточного способа обращения с отходами, что обосновано [3] и подтверждено также общественным запросом: инициатива 47Ф63007 на сайте «Российская общественная инициатива» набрала необходимое для рассмотрения число голосов в свою поддержку [10].

На основании сказанного, в настоящее время особенно актуальным стало неотложное создание инфраструктуры рециклинга (ИР), предназначенной для раздельного сбора и утилизации отходов как вторичного сырья. ИР представляется нам участком контура замкнутой системы управления «Природа-Техногеника» (ЗСУПТ) [1] и реализует потребности отрасли обращения с отходами как одной из отраслей экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) в соответствии с целями устойчивого развития и требованиями обеспечения техносферной безопасности.

Согласно представленной ранее концепции ИР [2, 3, 4, 5], в том числе – её структуре, рассмотрим здесь вопросы проектирования и эксплуатации ИР в части программного и информационного обеспечений, используемых в дальнейшем на всех этапах её жизненного цикла.

II. ИНФРАСТРУКТУРА РЕЦИКЛИНГА КАК ОБЪЕКТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Как объект проектирования и эксплуатации ИР может быть представлена следующими географически распределёнными подсистемами и объектами [5]:

- машины обратного вендинга («фандоматы»), автоматизированные пункты приёма, «умные» контейнеры и контейнерные площадки для РНО (входные подсистемы);
- специализированные транспортные системы и средства (например, SkyWay [3]), депо, парки; логистические центры и специализированные склады; сортировочные станции и перерабатывающие предприятия (передающие подсистемы);
- центры хранения и реализации вторичного сырья, полученного из переработанных передающими подсистемами ИР отходов (выходные подсистемы).

Из перечисленного видно, что ИР является сложной распределённой системой. Для её математического моделирования предложена модель в виде объединённых в систему динамических звеньев с запаздываниями [5], удобную для создания САПР ИР применением аппарата операционного исчисления [6] и использованием интеграла Дюамеля.

Несмотря на то, что ИР как сложный и развивающийся объект уже существует и эксплуатируется в РФ, до сих пор отсутствует единая система управления ею. В частности, ещё не создана единая публичная интерактивная геоинформационная система (ГИС ИР), которая отражает состояние ИР, включая проблемные объекты (полигоны, свалки).

III. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В состав информационного обеспечения (ИО) ИР и средств её проектирования входят схемы баз данных, спецификации форматов файлов и протоколов передачи данных, правил их преобразования и, согласно всему этому организованные и передаваемые, сами данные ИР и средств её проектирования. Также к ИО можно отнести карты блокчейн-проекций баз данных: возможно создание

стандарта, который позволит описывать взаимные отображения данных блокчейна и реляционных, а также иных баз данных.

Как было упомянуто ранее [2, 5], к данным ИР среди прочего можно отнести данные ГИС ИР. Это словари классификаций объектов ИР согласно составу её подсистем (см. выше) и описания самих объектов, включающие в себя как данные, касающиеся предметной области (типы принимаемых отходов или марки реализуемого вторичного сырья, статус), так и географические (широту, долготу, направления, границы объектов), которые позволяют отображать эти объекты визуально. Так сделано на интерактивной карте Recyclemap Lite [12] на базе 2GIS (рис. 1) с данными от Greenpeace Recyclemap [11].



Рис. 1. Фрагмент интерактивной карты пунктов РНО на основе 2GIS

На базе интерактивных карт можно строить полезные сервисы, например, «Быстро сдай упаковку» [2]. Сканируя штриховые и иные коды на упаковках товаров с помощью видеокамер мобильных устройств, пользователь сможет не только сразу отсортировать их по составу, но и определить список пунктов приёма. Зная координаты и режим работы, он получит возможность запланировать и построить оптимальный маршрут их посещения. Подробнее ИО такого сервиса описано ранее [2].

IV. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

На первом этапе разработки ПО ИР и средств её автоматизированного проектирования должно быть создано техническое задание, включающее первоначальные спецификации и схемы (UML-диаграммы, графы) его архитектуры, бизнес-процессов, а также диаграммы классов и объектных моделей.

Предполагаемый состав ПО ИР:

- «Интегрированная среда разработки проектных решений и эксплуатации ИР» (контейнер компонентов) и «Набор компонентов ПО ИР «Базовое универсальное распределённое решение Управление Отходами»»: базовое программное обеспечение (БПО), поставляемое независимо от роли пользователя в отрасли;
- «Сервер оператора ИР» и «Автоматизированное рабочее место оператора ИР»: компоненты,

которые могут быть использованы как государственными операторами по обращению с отходами, так и предприятиями-заготовителями; а также логистическими и иными интегрированными в отрасль предприятиями.

- «Личный кабинет пользователя ИР» для поставщиков отходов и покупателей вторичного сырья (физических и юридических лиц).

Предполагаемый состав ПО САПР ИР, в свою очередь, может быть представлен двумя подсистемами:

- «Моделирование и синтез ИР» [5]: совокупность инструментов САПР ИР, обеспечивающих маршруты проектирования ИР на всех уровнях – от федерального, на базе общей территориальной схемы обращения с отходами, до дизайна контейнеров и фандоматов для РНО и размещения их на муниципальных территориях;
- «Анализ и обучение ИР»: инструменты САПР ИР, реализующие маршруты проектирования, позволяющие проектировщику корректировать существующую ИР в соответствии с изменяющимися требованиями к ней на основе статистики её эксплуатации.

ГИС ИР входит в состав БПО. Её прототип, Recyclemap Lite [12], представляет собой простое клиент-серверное приложение, интерфейс пользователя которого доступен через веб-браузер. Помимо отображения пунктов РНО предполагается возможность собирать и отображать данные о свалках, полигонах и об остальных значимых объектах предприятий отрасли. На рис. 2 показан ещё один фрагмент карты с интерактивным маркером, при активизации которого появляется всплывающее окно.

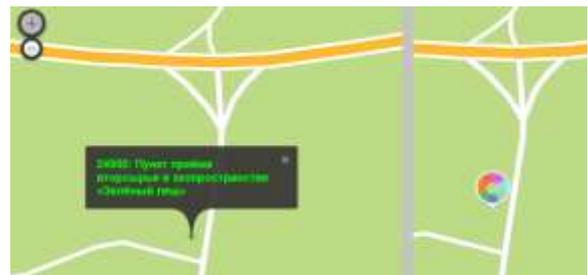


Рис. 2. Маркер (справа) и всплывающее окно с информацией о пункте приёма РНО (номер и название; слева)

Как и на оригинальной карте Recyclemap [11], здесь реализована фильтрация по видам принимаемых отходов. Запланирован ряд существенных доработок [14], предложенный для Recyclemap.

Прототип версии клиента ГИС ИР для рабочего стола персонального компьютера JorGIS выполнен на базе .NET Framework и предназначен для эксплуатации под управлением Microsoft Windows (рис.3). Данное ПО позволяет пользоваться картографическими данными из разнообразных источников (Google, OpenStreetMap, Yandex, ArcGIS, Bing), интегрировано с системой контроля версий Git, которая используется для отслеживания

изменений в обновленных данных о пунктах РНО. Для этого использовано сравнение двух новейших ревизий.

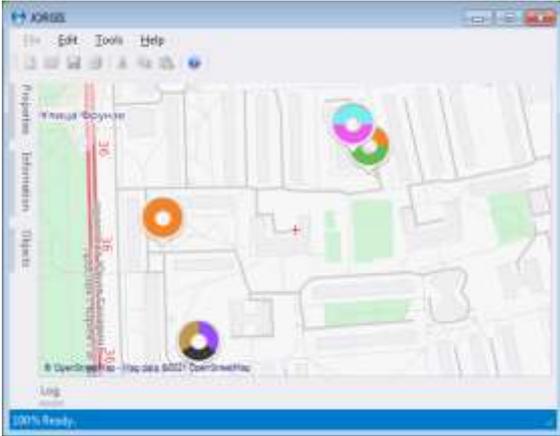


Рис. 3. JorGIS с картой OpenStreetMap

Инструмент САПР топливоизмерительных систем летательных аппаратов «Расстановка датчиков топливомера» [5, 7] доработан для визуализации геоданных ИР. На рис. 4 показан результат импорта пунктов РНО по Санкт-Петербургу в 3D-проекции. Крупными сферическими поверхностями разных цветов отмечены выявленные в результате сравнения ревизий новые и удалённые пункты.

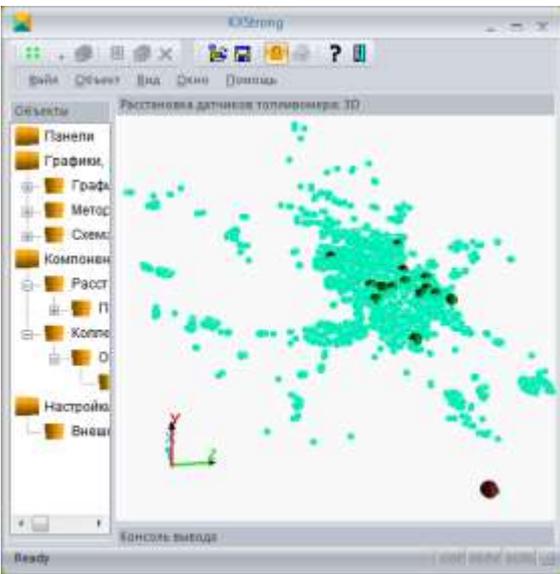


Рис. 4. Импорт данных ГИС ИР в среду ПО «Расстановка датчиков топливомера». Добавленные и ликвидированные пункты РНО

В процессе разработки также находятся расчётные модули ПО САПР для моделирования ИР. Вид графика зависимости количества (массы, объёма) вещества, изменяющегося с течением времени в абстрактном хранилище, показан на рис. 5.



Рис. 5. Вид графика количества ресурсов в накопителе в зависимости от времени

Это вычисляемый с помощью интеграла Дюамеля [5] суммарный отклик звена с запаздыванием, имитирующего накопитель, на различные единичные входные воздействия с разным знаком (помещение или извлечение вещества), также сопровождаемые запаздываниями. Во избежание нарушения вычислительного процесса единичная функция Хевисайда аппроксимирована сигмной, которая обладает необходимой гладкостью. Исследование погрешности аппроксимации, влияния её на точность и достоверность моделирования, а также мер по её минимизации выходит за рамки данной статьи.

V. РАСПРЕДЕЛЁННЫЙ РЕЕСТР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ИР И СРЕДСТВ ЕЁ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Как было анонсировано [2, 3, 5], рассмотрим применение технологии распределённого реестра (blockchain, блокчейн) для проектирования и эксплуатации ИР, а именно для защищённого от изменений, децентрализованного, надёжного, общедоступного хранения данных о состоянии эксплуатируемой ИР. Это даст возможность непрерывно пользоваться ими для уточнения параметров ИР, повысит достоверность этих данных.

К программному обеспечению взаимодействия ИР и средств её проектирования с блокчейном относятся:

- Nice Wallet, десктоп-клиент блокчейна GEO, включающий в себя средства создания и отправки транзакций (рис. 6);
- специальный подключаемый компонент (plugin) для ПО узла блокчейна (blockchain node), который необходим для Nice Wallet и другого клиентского ПО;
- обозреватель блоков транзакций GEOXplore (рис. 7).

Ссылка [13], например, ведёт к транзакции, в атрибуте которой записано значение – строка символов, объект в формате JSON в кодировке UTF-8, обозначающий, что на карту Recyclemap добавлен пункт с номером 48585. Помимо номера в данных объекта присутствуют координаты (широта и долгота) и код населённого пункта.

Формируя и транслируя в блокчейн такие транзакции, ПО ИР и ПО САПР ИР имеют возможности хранить данные, надёжно защитив их от уничтожения и подмены.

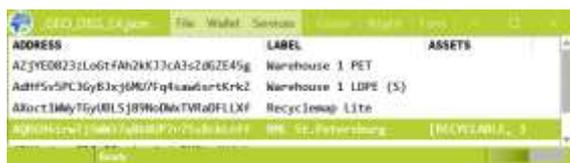


Рис. 6. Nice Wallet, десктоп-клиент блокчейна GEO

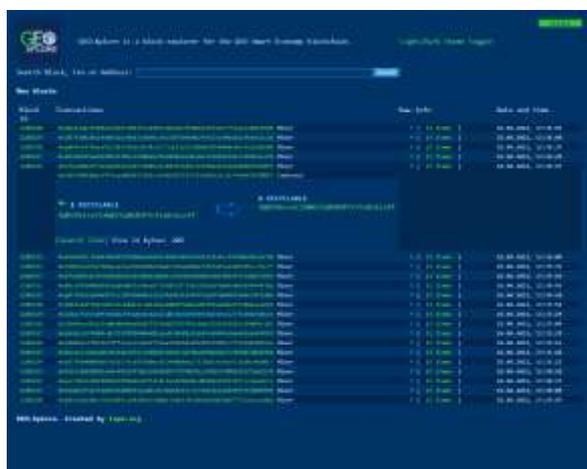


Рис. 7. GEOXplore, обозреватель блоков транзакций блокчейна GEO, доступен в сети Интернет

VI. ПЕРСПЕКТИВЫ

Программное обеспечение решения транспортных задач логистики отходов и вторичного сырья и ряда других задач будет рассмотрено в дальнейшем. Развитие подходов к проектированию инфраструктуры рециклинга через создание программного и информационного обеспечений для его автоматизации и для эксплуатации ИР приближает переход к экономике замкнутого цикла и достижение целей устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Сольнищев Р.И., Коршунов Г.И. Системы управления «природа-технологика». СПб.: Политехника, 2013. 205 с.
- [2] Куприянов Г.А., Сольнищев Р.И. Задачи проектирования и эксплуатации природоохранной инфраструктуры как единой сложной системы // Тез. докл. на XXI Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2018).
- [3] Куприянов Г.А., Сольнищев Р.И. Проектирование инфраструктуры раздельного сбора и утилизации вторичного сырья // Тез. докл. на I Международной конференции «Управление муниципальными отходами как важный фактор устойчивого развития мегаполиса» (WASTE'2018)
- [4] Куприянов Г.А., Сольнищев Р.И. Подходы к математическому моделированию инфраструктуры раздельного сбора и утилизации вторичного сырья. // Тез. докл. на XXII Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2019).
- [5] Сольнищев Р.И., Куприянов Г.А. Вопросы автоматизации проектирования инфраструктуры рециклинга. // Тез. докл. на XXIII Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2020).
- [6] Сольнищев Р.И. Автоматизация проектирования систем автоматического управления. М.: Высшая школа, 1991.
- [7] Куприянов Г.А. Вопросы автоматизации проектирования топливоизмерительных систем летательных аппаратов в интересах безопасности // Доклад на конференции ICHS'2007
- [8] Бюллетень Счетной палаты РФ № 9 (274) 2020. Мусорная реформа. ISSN 2712-7907. <https://ach.gov.ru/upload/iblock/462/46234b3e3624fccb8b8ace5e892f2f4.pdf>
- [9] Абрамченко: Нужен работающий закон о вторичных материальных ресурсах / Российская Газета, 12.01.2021 <https://rg.ru/2021/01/12/abramchenko-nuzhen-rabotaiushchij-zakon-otvorchnyh-materialnyh-resursah.html>
- [10] Инициатива 47Ф63007. За отказ от мусоросжигания и за предотвращение образования отходов. Российская общественная инициатива при поддержке Фонда информационной демократии. <https://www.roi.ru/63007>
- [11] Карта приёма вторичного сырья в РФ, Greenpeace. <https://recyclemap.ru>
- [12] Интерактивная карта инфраструктуры рециклинга, Recyclemap Lite. <https://сми1.рф/map>
- [13] Пример транзакции в обозревателе блоков транзакций в блокчейне. <https://сми1.рф/bridge/?0xc41578b914e90d9158809a498c472cb7c64e79964412e2b913425e5e24ec4cd5>
- [14] Recyclemap от Greenpeace: что имеет смысл доработать <https://vk.com/@iiehs-recyclemap-upgrades>