



**А.У. Калижанова^{1,2}, М. Кунелбаев¹, А.У. Утегенова¹,
А.Х. Козбакова^{1,3}, С.Л. Тихомиров¹**

¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,
Алматы, Казахстан

²Energo University, Алматы, Казахстан

³Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан
E-mail: ainur79@mail.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО РЕСУРСА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАСПОРТИЗАЦИИ РАЙОНОВ ПАДЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Аннотация. В работе анализируются процессы создания и применения интегрированной информационной системы, обеспечивающей экологический мониторинг и паспортизацию районов падения фрагментов ракет-носителей. Основой системы является геоинформационная платформа, включающая базу данных, веб-приложение и картографический интерфейс, обеспечивающий сбор, обработку и визуализацию пространственных данных. Отражены траектории полётов ракет-носителей, зоны штатных и аварийных падений, а также связанные с ними экологические риски. Особое внимание уделяется военному аспекту: космические запуски, являясь стратегически важной деятельностью, создают дополнительные экологические угрозы, связанные с использованием токсичных компонентов топлива, загрязнением почв и водоёмов, а также с воздействием на население близлежащих территорий. Предложенный подход позволяет учитывать, как плановые, так и внештатные пуски, фиксировать накопленный ущерб и анализировать долгосрочные последствия военной и гражданской космической активности.

Ключевые слова: геоинформационные системы (ГИС); районы аварийного падения; веб-картография; экологический мониторинг; военные космические запуски; экологически опасное топливо; экологическое документирование территорий.

Введение.

Экологические риски, обусловленные падением отделяющихся частей ракет-носителей, является актуальной для территорий, прилегающих к районам космических запусков. В таких зонах наблюдается накопление токсичных остатков топлива, разрушение экосистем и риски для здоровья населения. Одним из решений является разработка цифрового ресурса, который обеспечивает сбор, хранение и анализ данных о районах падения, а



также формирование экологических паспортов территорий. Особое значение имеет проектирование интерфейсов, которые должны быть удобны как для конечных пользователей, так и для операторов системы. В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к применению геоинформационных систем (ГИС) для экологического мониторинга территорий и оценки последствий антропогенных воздействий [1]. ГИС позволяют не только собирать и хранить пространственные данные [2], но и интегрировать результаты дистанционного зондирования Земли [3], моделирования природных процессов [4], а также многолетних наблюдений за качеством окружающей среды [5]. Всё это делает их важным инструментом для комплексного анализа экологической обстановки и прогнозирования рисков в районах падения ступеней ракет-носителей [6]. В статье [7] рассматриваются архитектура, методы и практическое применение GeoJModelBuilder. Данный инструмент с открытым исходным кодом предназначен для построения рабочих процессов и интегрирует веб-сервисы геообработки, сенсорные веб-сервисы, локальные программные средства обработки данных, модели, совместимые с OpenMI, а также платформу NASA World Wind, обеспечивая поддержку моделирования геообработки и экологического мониторинга. В статье [8] разработана веб-ГИС-платформа с базой данных для сбора, управления и обмена экологическими данными о выбросах и отходах. Система отображает геопривязанные показатели, поддерживает лицензирование и контроль, а также предоставляет пользователям ограниченный доступ к функциям. В работе [9] рассматривается использование мобильных устройств и приложений для полевой картографии в экологических исследованиях. Смартфоны и планшеты с GPS сделали процесс сбора данных проще и доступнее, однако методологически эта тема слабо отражена в научных публикациях. Представлен обзор приложений, включая решения для гражданской науки.

Материалы и методы.

В основе разработки лежат принципы проектирования интерфейсов: простота, согласованность, доступность и адаптивность. Система реализована в виде трёхуровневой архитектуры, включающей подсистемы сбора данных, их хранения и формирования отчётности. Для серверной части используется Python/Django и база данных SQLite, что обеспечивает простоту и масштабируемость решения. Картографический интерфейс интегрирован с ArcGIS, что позволяет визуализировать зоны падения и аварийные события. Интерфейс создается исходя из задач и условий использования пользователя. Он должен быть простым, удобным и логичным, не перегруженным лишними элементами. Единый принцип работы кнопок, меню и окон облегчает освоение системы. Важные функции выделены цветом, размером и расположением. Интерфейс должен быть доступен для разных пользователей, а система должна обеспечивать своевременную обратную связь и корректно работать на любом устройстве. С учётом этих принципов

были подготовлены макеты картографического ресурса с двумя режимами: для пользователей (получение информации) и операторов (редактирование данных). Главное окно включает боковое меню для быстрого доступа и структурирования информации (рисунок 1).

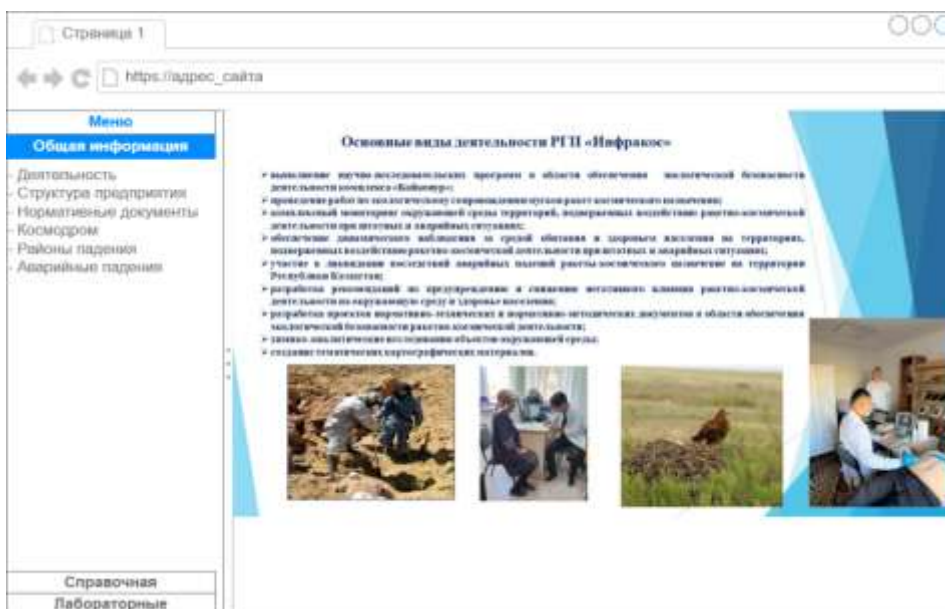


Рисунок 1 - Главное окно

На рисунке 1 представлена главное окно интерфейса. Форма пользователя разработана для работы в браузере и состоит из трёх основных частей. В центре расположена карта с объектами и элементами навигации для изменения масштаба и перемещения. Слева находится панель управления, где можно искать объекты, переключать слои и менять параметры отображения. Справа выводится аналитика по выбранному объекту в виде графиков, таблиц и текстовой информации.

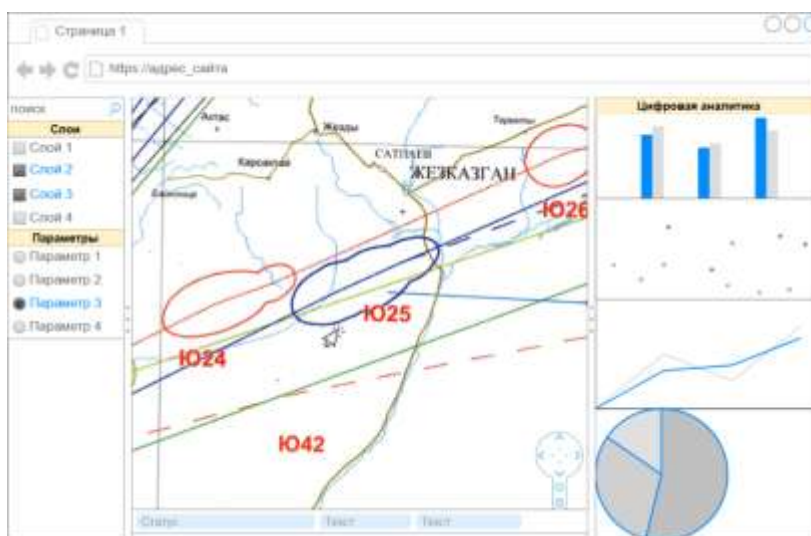


Рисунок 2 - Макет интерфейса пользователя

[illegible]

Рисунок 3 - Макет таблица с данными РП ОЧ

На рисунке 2 представлен макет интерфейса пользователя. Этот интерфейс представляет собой веб-форму для работы с пространственными данными. В центральной части отображается карта, на которой отмечены объекты (например, участки Y024, Y025, Y026, Y402). Пользователь может перемещаться по карте, изменять масштаб и выделять нужные элементы для анализа.

Рисунок 3 отражает структуру интерфейса для работы с таблицами, содержащими данные по расчётным позициям (РП). В центральной части расположен табличный блок, где выводятся ключевые параметры каждой записи: номер РП, обозначение зоны, координаты (долгота и широта), радиус покрытия и вспомогательные характеристики.

Результаты и обсуждения.

Для экспериментальной части работы были разработаны прототип и демонстрационное приложение. Прототип был передан в РГП на ПХВ «Инфракос» для изучения и апробации.

Демонстрационная система построена на трёх компонентах: веб-приложении для управления данными, базе данных и пользовательском картографическом интерфейсе. Веб-приложение реализовано на языке программирования Python с использованием фреймворка Django.

На рисунке 4 представлен интерфейс административной панели Django, используемой для управления пользователями и группами в системе. В центральной части окна отображается список зарегистрированных

пользователей с указанием имени учётной записи и адреса электронной почты.

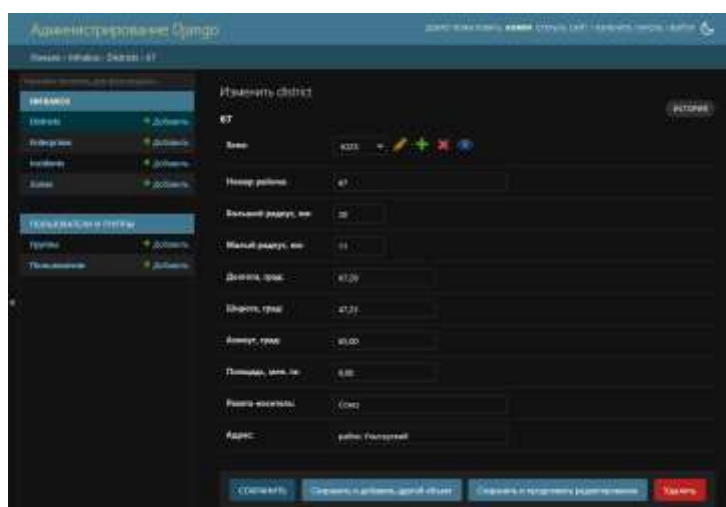


Рисунок 4 - Форма администрирование привилегий пользователей

На рисунке 5 представлен интерфейс редактирования записи в административной панели Django, используемой для управления зонами и районами. В центральной части расположена форма Edit district, где администратор может редактировать параметры выбранного района (District).

База данных приложения создана в СУБД SQLite и содержит служебные таблицы для управления доступом и пользователями, а также данные для формирования отчётов. Картографический интерфейс, основанный на ArcGIS, использует три основные карты: зон падения, районов падения и аварийных падений. Для отображения информации применяются тематические слои: базовый (географические объекты), слой геометрических фигур (границы космодрома, траектории, зоны, районы, точки падения) и дополнительные слои для аналитики. Приложение содержит страницы различного содержания.

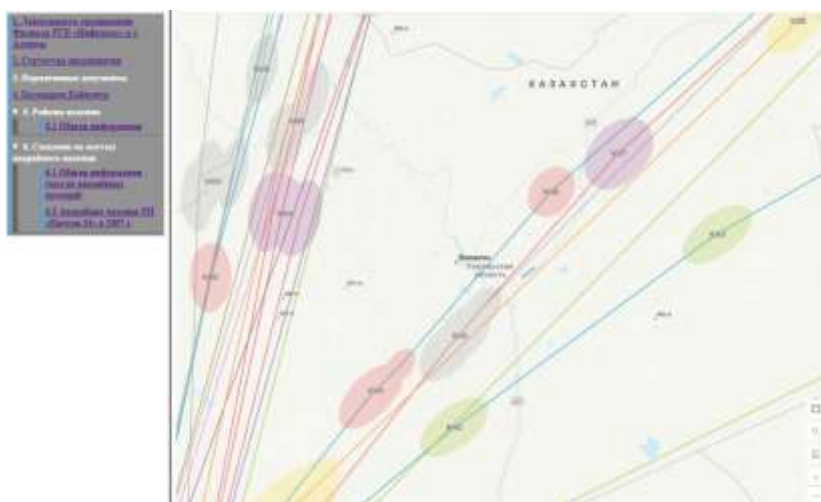


Рисунок 5 - Форма с общей картой

Страница с общей картой зон падения отображает траектории полёта ракет-носителей и зоны падения отделяющихся частей, расположенные на территории Республики Казахстан. Для удобства анализа используется цветовое кодирование, при котором траектории и зоны связаны с конкретным типом ракеты-носителя. Карту можно масштабировать и перемещать, а при выборе объекта во всплывающем окне показывается дополнительная информация. Например, для траектории - тип ракеты-носителя и угол наклона к экватору, для зоны падения - название ракеты, площадь и административный район (рисунок 6).

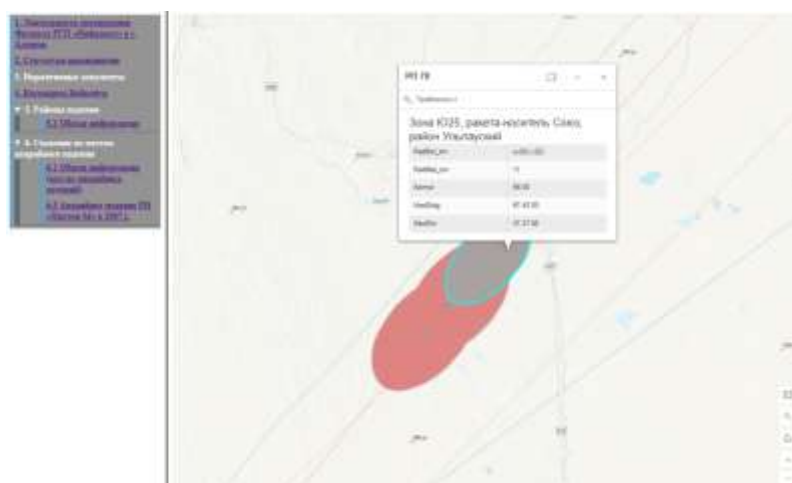


Рисунок 6 - Форма с картой районов падения

Страница с картой районов падения содержит сведения о территориях, куда попадают отделяющиеся части ракет-носителей. Районы сгруппированы по зонам, каждая зона объединяет несколько таких районов.

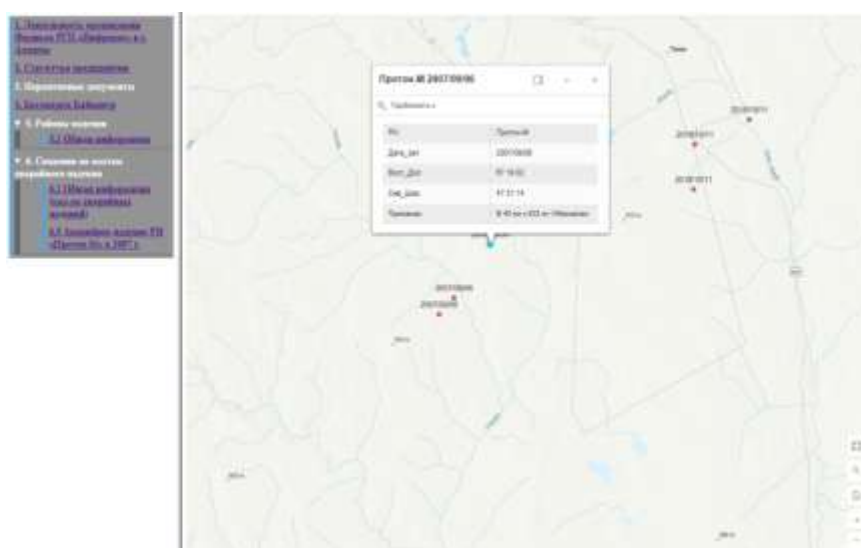


Рисунок 7 - Окно с информацией об аварийном падении

При выделении района пользователь получает дополнительную информацию во всплывающем окне: ракета-носитель, координаты центра, азимут наклона, размеры эллипса (большой и малый радиусы), а также административный район или область (рисунок 7). Страница с картой аварийных падений служит для визуализации мест приземления фрагментов ракетносителей в результате аварий, произошедших в разные годы за период независимости Республики Казахстан. На этой карте не показаны траектории полета, зоны и участки падения.

На этой карте отсутствуют траектории, зоны и районы падения. Места падения представлены в виде точек на карте, которые маркируются датой происшествия. При выделении точки всплывает окно с дополнительной информацией, содержащей сведения о дате запуска, ракете-носителе, координатах падения и дополнительной информацией. Пример окна показан на рисунке 7.

Демонстрационное приложение только демонстрирует возможности программы. На основе этого приложения существует возможность создать полноценный сайт для предоставления необходимой информации, связанной с экологической паспортизацией районов падения отделяющихся частей ракет-носителей.

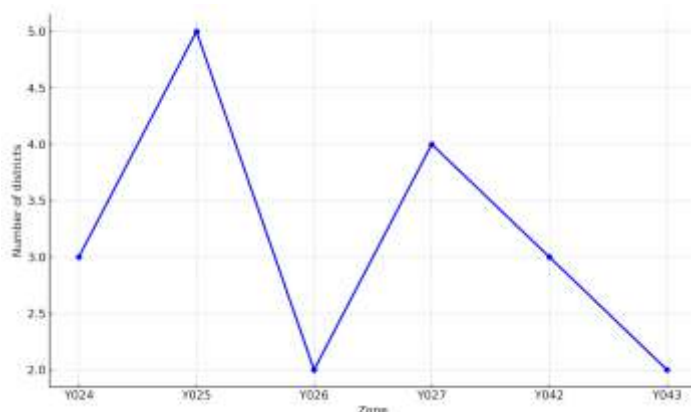


Рисунок 8 - Распределение количества районов по различным зонам падения

На рисунке 8 представлено распределение количества районов по различным зонам падения. Хорошо видно, что показатели варьируются в достаточно широком диапазоне — от 2 до 5. Наибольшее количество районов зафиксировано в зоне Y025, где их число достигает 5. Это может указывать на более сложную конфигурацию территории или на необходимость детализированного деления для целей мониторинга. Минимальные значения (по 2 района) наблюдаются в зонах Y026 и Y043, что свидетельствует о более компактной структуре этих территорий или меньшей степени их значимости. Зоны Y024 и Y042 имеют одинаковое количество районов — по 3, тогда как зона Y027 занимает промежуточное положение с 4 районами. Таким образом, распределение демонстрирует неравномерность: часть зон объединяет большее число районов, а часть — меньшее. Это может отражать как

географические особенности, так и различия в назначении данных зон. Подобная визуализация позволяет выявить зоны, требующие более пристального анализа и контроля, а также помогает оптимизировать управление распределением ресурсов и формированием отчетности.

На рисунке 9 представлено количество аварий за период с 2015 по 2023 годы. Данные демонстрируют значительные колебания: минимальные значения зафиксированы в 2016 и 2022 годах (по 1 аварии), а максимальное - в 2019 году (4 аварии). В 2017 и 2020 годах число аварий составляло 3, что можно рассматривать как средний уровень.

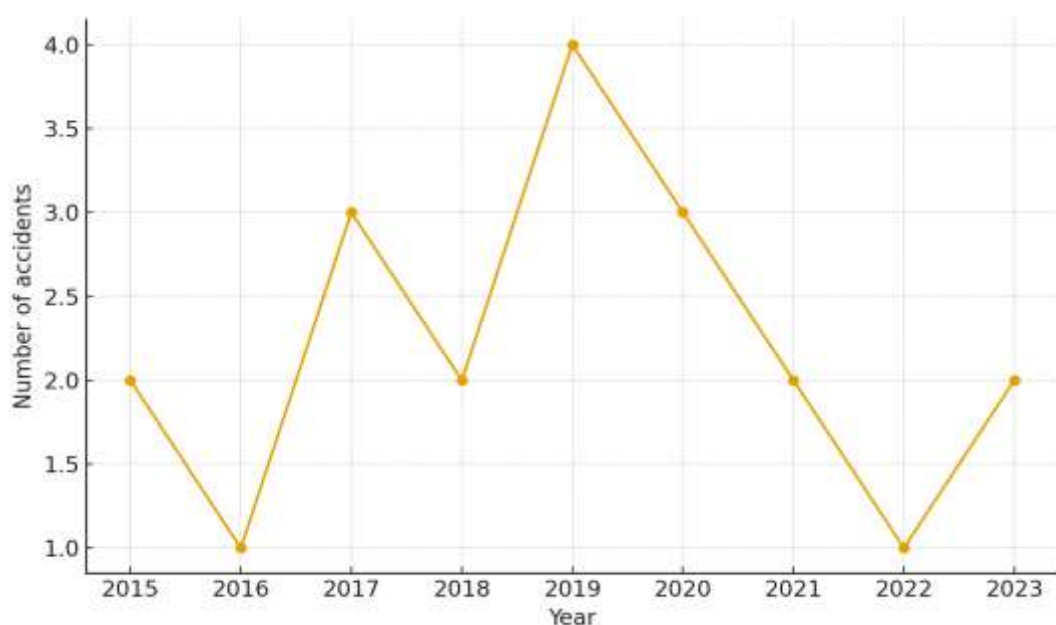


Рисунок 9 - Количество аварий за период с 2015 по 2023 годы

В остальные годы показатель держался на уровне 2. Таким образом, наиболее аварийное опасным оказался 2019 год, тогда как в 2016 и 2022 наблюдалось снижение аварийности до минимального значения. Общая динамика указывает на отсутствие устойчивого тренда, что подчёркивает необходимость детального анализа факторов, влияющих на возникновение аварий.

На рисунке 10 показана частота падений по регионам Казахстана. Наибольшая интенсивность наблюдается в области Ulytau, которая выделяется максимальными значениями. Высокие показатели также зафиксированы в регионах Караганда и Кызылорда, что свидетельствует об их большей уязвимости к попаданию отделяющихся частей ракет. Средние значения характерны для Костанайской, Акмолинской и Павлодарской областей, тогда как регионы юга и запада страны, включая Атырау, Мангистау и Туркестан, демонстрируют минимальные значения частоты.

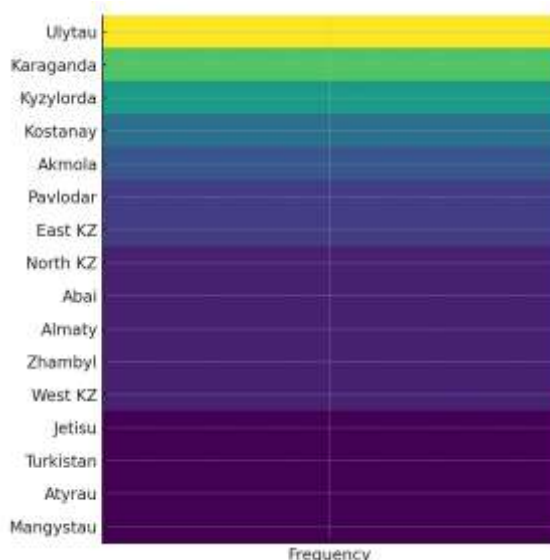


Рисунок 10 - Частота падений по регионам Казахстана

Таким образом, распределение по регионам показывает выраженную концентрацию падений в центральных и южных областях, что важно учитывать при планировании экологического мониторинга и разработке мер безопасности.

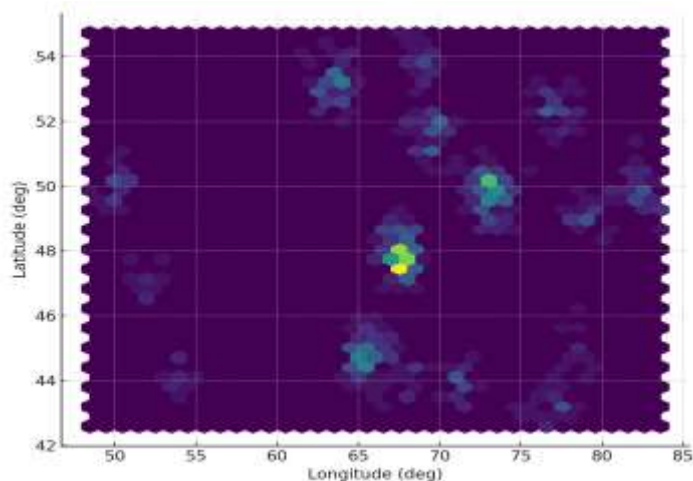


Рисунок 11 - Распределение падений отделяющихся частей ракет по координатам широты и долготы

На рисунке 11 представлено распределение падений отделяющихся частей ракет по координатам широты и долготы. Использована гексагональная диаграмма плотности, где цветовая шкала отражает интенсивность событий: от тёмно-фиолетового (минимальные значения) до ярко-жёлтого (максимальная концентрация). Наибольшая плотность падений наблюдается в районе с координатами около 67–68° восточной долготы и 47–48° северной широты, что соответствует центральной части Казахстана. Дополнительные кластеры с повышенной частотой зафиксированы в областях, расположенных ближе к 72–74° восточной долготы, а также в южных регионах.

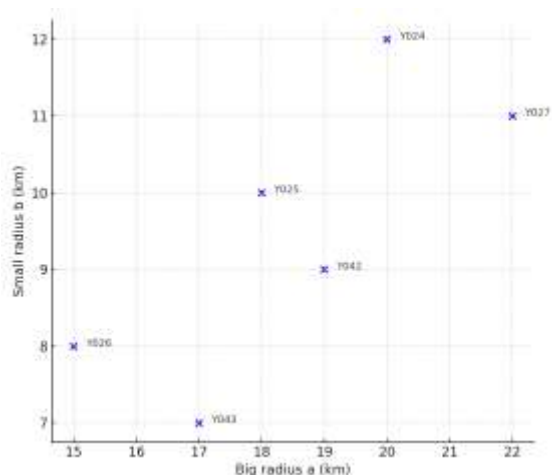


Рисунок 12 - Соотношение большого радиуса a и малого радиуса b для различных зон падения

На рисунке 12 показано соотношение большого радиуса a и малого радиуса b для различных зон падения. Точки с подписями обозначают конкретные зоны, каждая из которых имеет индивидуальные параметры эллиптической формы. Зона Y024 выделяется наибольшим значением малого радиуса (12 км) при большом радиусе около 20 км, тогда как Y027 также имеет значительный большой радиус (22 км), но меньший малый радиус (11 км). Зоны Y026 и Y043 характеризуются минимальными размерами: у Y026 большой радиус равен 15 км, малый — 8 км; у Y043 — 17 и 7 км соответственно.

Закключение.

Проведённое исследование показало, что интеграция геоинформационных технологий, баз данных и веб-интерфейсов позволяет создать эффективный инструмент для мониторинга районов падения отделяющихся частей ракет-носителей. Разработанный ресурс обеспечивает сбор, систематизацию и визуализацию данных о траекториях полётов, зонах штатных и аварийных падений, а также о связанных с ними экологических рисках. Особое значение имеет учёт военного аспекта: запуск ракет-носителей остаётся важной частью оборонной и космической деятельности, при этом сопровождается значительными экологическими угрозами. Наличие высокотоксичных компонентов ракетного топлива, комплексное загрязнение почвенных и водных экосистем и связанные с этим риски для здоровья населения определяют необходимость внедрения инновационных систем экологического мониторинга и институционализации межведомственного взаимодействия. Разработанная система является научно обоснованным инструментом, который может быть использован для стратегического планирования природоохранных мероприятий, моделирования и прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций, а также для обеспечения экологической безопасности территорий, подверженных антропогенной нагрузке вследствие космической деятельности. Кроме того,

система выполняет важную социальную и информационную функцию, формируя всеобъемлющую базу знаний для государственных органов, научного сообщества и населения в целом. Это позволяет достичь баланса между приоритетами национальной безопасности и стратегическими военными интересами, с одной стороны, и объективной необходимостью сохранения и защиты природной среды, с другой.

Исследования проводились в рамках проекта ГФ ИРН AP23488291 ИИВТ КН МНВО РК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Robinson A. C. (2008). Combining usability techniques to design geovisualization tools. *Journal of Geographical Systems*, 10(2), 123–145.
2. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science*. Wiley, pp. 1–402.
3. Foody G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185–201.
4. Goodchild M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221.
5. Melesse A. M., Biswas A., Kakar R., et al. (2007). Remote sensing sensors and applications in environmental resources mapping and modelling. *Sensors*, 7(12), 3209–3241.
6. Gkatzoflias D., Mellios G., Samaras Z. (2013). Development of a web GIS application for emissions inventory. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 18, 42–52.
7. Zhang, M., Bu, X., & Yue, P. (2017). GeoJModelBuilder: an open source geoprocessing workflow tool. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 2, Article 8
8. Giglione, G., Annibaldi, A., Iaccarino, A., Capancioni, R., Borghini, G., Ciabattini, F., Illuminati, S., Pace, G., Memmola, F., & Giantomassi, G. (2022). An Integrated Web-Based GIS Platform for the Environmental Monitoring of Industrial Emissions: Preliminary Results of the Project. *Applied Sciences*, 12(7)
9. Nowak M. M., Dziób M., Tryjanowski P., et al. (2020). Mobile GIS applications for environmental field surveys. *MethodsX*, 7, 100984.

Алия Калижанова, candidate of physico-mathematical sciences, professor, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Energo University, Almaty, Kazakhstan, kalizhanova.aliya@gmail.com

Мурат Кунелбаев, PhD, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Алматы, Қазақстан, murat7508@yandex.kz

Анар Утегенова, PhD, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Алматы, Қазақстан, an.utegenova@aes.kz



Айнур Козбакова, PhD, профессор, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty Technological University, Алматы, Қазақстан, ainur79@mail.ru

Сергей Тихомиров, бағдарламашы, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Алматы, Қазақстан

ЗЫМЫРАН ТАСЫҒЫШТАРДЫҢ АПАТҚА ҰШЫРАУ АЙМАҚТАРЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ СЕРТИФИКАТТАУ ҮШІН КӨП ФУНКЦИОНАЛДЫ КАРТОГРАФИЯЛЫҚ РЕСУРС ИНТЕРФЕЙСІН ЖОБАЛАУ

Аңдатпа. Мақалада қоршаған ортаны бақылау және зымыран тасығыштардың құлау аймақтарын сертификаттаудың интеграцияланған ақпараттық жүйесін әзірлеу және енгізу мәселелері қарастырылады. Жүйе мәліметтер базасын, веб-қосымшаны және кеңістіктік деректерді жинауды, өңдеуді және визуализациялауды қамтамасыз ететін картографиялық интерфейсті қамтитын геоақпараттық платформаға негізделген. Зымыран тасығыштардың ұшу траекториялары, қалыпты және апаттық құлау аймақтары және соған байланысты экологиялық қауіптер көрсетіледі. Әскери аспектіге ерекше назар аударылады: ғарыштық ұшырулар стратегиялық маңызды қызмет бола отырып, ұлы отын компоненттерін пайдаланумен, топырақ пен су объектілерінің ластануымен, сондай-ақ жақын орналасқан аумақтардың тұрғындарына әсер етумен байланысты қосымша экологиялық қатерлерді тудырады. Ұсынылған тәсіл жоспарлы және апаттық ұшыруларды есепке алуға, жинақталған залалды есепке алуға және әскери және азаматтық ғарыш қызметінің ұзақ мерзімді салдарын талдауға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ); веб-карталау; қоршаған ортаны бақылау; зымыран тасығыштың әсер ету аймақтары; әскери ғарыштық ұшырулар; ұлы зымыран отыны; төтенше әсер ету аймақтары; экологиялық сертификаттау.

Aliya Kalizhanova, ф.-м.ғ.к., профессор, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Energo University, Алматы, Қазақстан, kalizhanova.aliya@gmail.com

Murat Kunelbayev, PhD, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan, murat7508@yandex.kz

Anar Utegenova, PhD, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Energo University, Almaty, Kazakhstan, an.utegenova@aes.kz

Ainur Kozbakova, PhD, professor, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, ainur79@mail.ru

Sergey Tikhomirov, programmer, Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Energo University, Almaty, Kazakhstan

DESIGN OF THE INTERFACE OF A MULTIFUNCTIONAL CARTOGRAPHIC RESOURCE FOR ENVIRONMENTAL CERTIFICATION OF LAUNCH VEHICLE FALL AREAS

Abstract. The article discusses the development and implementation of an integrated information system for environmental monitoring and certification of launch vehicle fall areas. The system is based on a geoinformation platform that includes a database, a web application, and a cartographic interface that provides collection, processing, and visualization of spatial data. The trajectories of launch vehicles, zones of normal and emergency falls, and associated environmental risks are reflected. Particular attention is paid to the military aspect: space launches, being a strategically important activity, create additional environmental threats associated with the use of toxic fuel components, contamination of soils and water bodies, and the impact on the population of nearby territories. The proposed approach allows taking into account both scheduled and emergency launches, recording accumulated damage, and analyzing the long-term consequences of military and civil space activity.

Keywords: geographic information systems (GIS); web cartography; environmental monitoring; areas of launch vehicle crashes; military space launches; toxic rocket fuel; accident crash zones; environmental certification.

Поступила: 10 июля 2025 года

Рецензирована: 14 августа 2025 года

Принята: 15 августа 2025 года