

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2026-1-71-79>

УДК 004.45:004.77:528.94:502/504 (574.41)

## РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА, РАСПОЛОЖЕННЫМИ НА УЧАСТКАХ, ПЛАНИРУЕМЫХ К ПЕРЕДАЧЕ В НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ

И. А. Бачурина<sup>\*</sup>, В. Н. Монаенко, Н. В. Ларионова, А. В. Топорова

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

<sup>\*</sup> E-mail для контактов: bachurina@nnc.kz

В статье представлены результаты разработки веб-приложения для устойчивого управления земельными ресурсами и водными объектами на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП), расположенными на участках, планируемых к передаче в народно-хозяйственный оборот. В работе описан процесс формирования базы пространственных данных с использованием PostGIS, реализация серверной логики на Django и визуализация геообъектов с помощью Leaflet.js. Разработанное приложение обеспечивает отображение, фильтрацию и редактирование радиационно-экологических данных, включая точки почвенных и водных проб, геологические структуры, элементы инфраструктуры и т.д. Приведены этапы создания REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface), механизм импорта данных в формате CSV (Comma-Separated Values), а также средства интерактивного управления слоями карты. Инструмент ориентирован на поддержку принятия решений в сфере радиационной безопасности и экологического планирования.

**Ключевые слова:** веб-приложение, база пространственных данных, геоинформационные системы (ГИС), Семипалатинский испытательный полигон, устойчивое управление, пространственный анализ.

### ВВЕДЕНИЕ

На протяжении четырёх десятилетий (1949–1989 гг.) на территории СИП проводились атмосферные, наземные и подземные ядерные взрывы, в результате чего сформировалась одна из наиболее сложных радиоэкологических обстановок в мире. Последствия испытаний – радиоактивное загрязнение почвы, воды, флоры и фауны – продолжают оказывать влияние на окружающую среду и воспринимаются как фактор повышенного риска при принятии решений о хозяйственном использовании земель в пределах полигона.

В период с 2008 по 2021 год Национальным ядерным центром Республики Казахстан (НЯЦ РК) было организовано масштабное экологическое обследование территории СИП. Этот проект стал крупнейшим подобным исследованием в истории Казахстана как по охвату территории, так и по объёму собранных данных. Выполнены десятки тысяч пробоотборов почвы (в том числе по глубине), воздуха, воды и растительности. Проведены спектрометрические и дозиметрические измерения, проведено картографирование и лабораторная верификация результатов. Итоги работ получили высокую оценку со стороны международного сообщества, в частности Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), подтвердив значимость подхода и достоверность полученной информации [1].

На основании полученных данных были выделены участки с превышением предельно допустимых уровней загрязнения, для которых рекомендован особый режим использования, а также значительные

площади условно чистых территорий, потенциально пригодных для вовлечения в народно-хозяйственный оборот. Закон Республики Казахстан «О Семипалатинской зоне ядерной безопасности» (№ 16-VIII ЗРК от 5 июля 2023 г.) закрепил правовые основания для разграничения таких территорий и установления режима их безопасного использования.

Становится очевидным, что дальнейшее развитие региона требует не только правовых и организационных решений, но и технологической поддержки в виде цифровых платформ, способных интегрировать, систематизировать и наглядно представлять пространственные данные. Использование ГИС и веб-приложений в этом контексте открывает новые возможности для учёта пространственной неоднородности загрязнений, анализа динамики и принятия обоснованных решений.

Настоящее исследование направлено на создание такого инструмента – веб-приложения, объединяющего пространственные данные о земельных ресурсах, водных объектах и радиоэкологической обстановке на территории бывшего СИП. Цель разработки заключается в формировании единой платформы для визуализации, фильтрации, редактирования и анализа пространственных данных, способной обеспечить доступ как научному сообществу и экологическим организациям, так и представителям государственных органов и местного самоуправления. Архитектура приложения базируется на открытом и масштабируемом технологическом стеке: хранилище данных реализовано на базе PostGIS, серверная логика – на фреймворке Django, а интер-

**РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ  
И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА...**

активная карта построена с использованием библиотеки Leaflet.js. Такое сочетание позволяет обеспечить гибкость в работе с данными, быструю адаптацию интерфейса под потребности пользователя, а также открытость и независимость от дорогостоящих коммерческих решений.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Настоящее исследование опирается на комплексный подход, сочетающий использование геоинформационных технологий и инструментов веб-разработки для создания приложения, предназначенного для визуализации, анализа и управления пространственными данными радиоэкологического характера.

На начальном этапе рассматривалась реализация системы на базе ArcGIS Enterprise, с учётом имеющегося проекта в ArcGIS Pro и существующей базы данных (БД) «Радиоэкологическое состояние Семипалатинского испытательного ядерного полигона», построенной на клиент-серверной архитектуре. БД реализована в СУБД Microsoft SQL Server с интерфейсом доступа и формирования выборок, созданным в среде Microsoft Visual Studio [1]. Однако в процессе разработки были выявлены ключевые ограничения платформы: высокая стоимость владения, зависимость от корпоративной ИТ-инфраструктуры, ограниченные возможности гибкой настройки, риск технологического устаревания отдельных компонентов.

С учётом необходимости обеспечения открытости, независимости от лицензий и масштабируемости

решения, было принято решение о переходе на стек с открытым исходным кодом:

- PostGIS – расширение к PostgreSQL для пространственного хранения и анализа данных;
- Django – фреймворк Python для серверной логики и организации API;
- Leaflet.js – JavaScript-библиотека для визуализации данных на интерактивной карте в браузере.

При этом ArcGIS Pro сохранил ключевую роль в подготовке данных – редактировании геометрии, атрибутов и экспорте слоёв в форматы GeoJSON и shapefile.

Для развертывания серверной части использован арендованный виртуальный сервер по модели IaaS. На нём установлены следующие компоненты программной платформы (таблица 1):

Исходные данные получены из БД «Радиоэкологическое состояние Семипалатинского испытательного ядерного полигона». В ArcGIS Pro подготовлен проект, включающий тематические слои:

- радионуклиды (почва 0–5 см, вода, растительность);
- химические элементы (почва 0–5 см, вода, растительность);
- границы территорий (испытательных площадок, полигона);
- водные объекты (реки, озера, скважины);
- объекты хозяйственной деятельности;
- почвенные характеристики;
- геологические структуры (разломы, структурные зоны, полезные ископаемые).

*Таблица 1. Основное программное обеспечение, установленное на VPS-сервере*

№	Программный компонент	Версия	Назначение
1	Python	3.10.16	Базовый язык разработки для серверной логики приложения
2	Django	5.2	Веб-фреймворк для разработки серверной части приложения и работы с пространственной БД [2]
3	Django REST Framework	3.16.0	Фреймворк для построения REST-API (сериализация, пагинация, фильтрация, аутентификация)
4	PostgreSQL	совместима с PostGIS 3.5.2	Реляционная СУБД для хранения структурированных пространственных и атрибутивных данных
5	PostGIS	3.5.2	Расширение PostgreSQL для хранения, индексации и пространственного анализа геоданных [3]
6	GDAL	3.10.2	Системная ГИС-библиотека: чтение/запись форматов, проекции, подготовка данных
7	PROJ	9.6.0	Системная ГИС-библиотека картографических проекций и трансформаций координат
8	GEOS	3.13.1	Системная ГИС-библиотека: пересечения, буферы, упрощение, валидность
9	Shapely	2.1.0	Библиотека python: геометрические операции (на базе GEOS)
10	Fiona	1.10.1	Библиотека python: чтение/запись векторных форматов (Shapefile/GeoPackage и др.)
11	Pyproj	3.7.1	Библиотека python: обёртка над PROJ для CRS-трансформаций
12	Pandas	2.3.1	Библиотека python: работа с табличными данными и справочниками
13	Psycopg2-binary	2.9.10	Библиотека python: драйвер PostgreSQL для приложения (подключение, транзакции)
14	Openpyxl	3.1.5	Библиотека python: импорт/экспорт Excel (шаблоны загрузки)
15	Leaflet.js	1.9.4	Клиентская библиотека веб-карт (слои, легенды, управление подложками) [4]
16	leaflet.markercluster	1.5.3	Клиентская библиотека для кластеризации точечных объектов на карте
17	pgAdmin 4	9.0	ПО для администрирования PostgreSQL/PostGIS; выгрузки (SQL/CSV), ER-диаграммы
18	ArcGIS Pro	3.1.0	ПО для подготовки геоданных (редактирование, экспорт в GeoJSON/Shapefile)

Подготовленные в ArcGIS Pro данные были экспортированы в форматы GeoJSON и Shapefile с приведением координат к системе EPSG:4326 (WGS 84), обеспечивающей корректную визуализацию объектов на карте. Перед загрузкой выполнена проверка геометрической корректности: устранены ошибки в мультиполигонах, удалены дубликаты, проведена валидация атрибутивных таблиц. После этого данные были загружены в базу PostGIS с использованием инструмента LayerMapping в Django, что позволило автоматически сопоставить поля и преобразовать геометрию в необходимый формат. Для каждого слоя была создана отдельная модель с соответствующим типом геометрии (точка, линия, полигон), а также сериализатор, преобразующий данные в формат GeoJSON для передачи на клиентскую сторону. API, построенный по архитектуре REST, включал маршруты для получения и фильтрации пространственной информации, а при наличии административных прав – для редактирования и создания новых объектов.

Клиентская часть приложения разработана на базе библиотеки Leaflet.js. Для повышения производительности и удобства взаимодействия с большим объемом данных реализована кластеризация точек. Пространственные объекты отображались с индивидуальной стилизацией, соответствующей их типу и значению, включая цветовую градиацию по уровню радиационного загрязнения. Панель управления слоями обеспечивала гибкую настройку отображения информации. При наведении на объекты отображалась атрибутивная информация: номер пробы, дата отбора пробы, глубина, значения активности радионуклидов и другие параметры.

Архитектура приложения клиент-серверная: сервер отвечает за хранение и обработку данных, а клиентская часть в браузере взаимодействует с ним через API-запросы. Такой подход обеспечивает масштабируемость, разделение логики, безопасность и контроль доступа к функциям редактирования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработано полноценное веб-приложение для устойчивого управления участками территории Семипалатинского испытательного полигона, планируемыми к передаче в народно-хозяйственное использование.

Инициализация карты производится с загрузкой базового тайлового слоя (по умолчанию – Carto Light) и указанием стартовых координат (центр карты) и уровня масштабирования. Пользователь может переключаться между фоновыми картами: стандартной векторной OpenStreetMap или спутниковой от компании Esri. Интерфейс основной страницы веб-приложения представлен следующим образом. В верхней панели отображается название организации и веб-приложения; справа – переключатель языка (RU/KZ/EN) и ссылки «Войти / Регистрация». После входа отображается имя пользователя и кнопка выхода. Центральную часть занимает интерактивная карта Leaflet с масштабированием, панелью расстояний/масштабом и переключателем подложек. Справа расположена фиксированная боковая панель (sidebar) с двумя вкладками: «Фильтры» и «Слой». Во вкладке «Слой» (рисунок 1) группами представлены чекбоксы:

- базовая карта: Carto Light, OpenStreetMap, Спутник Esri;
- пространственные границы: границы СЗЯБ, границы СИП, испытательные площадки;
- геология и почвы: почвенная карта, геологические разломы, структурные зоны, полезные ископаемые, кормовые угодья;
- объекты на территории: скважины, зимовки, хозяйственная деятельность;
- радионуклиды (почва 0–5 см, вода, растительность);
- химические элементы (почва 0–5 см, вода, растительность).

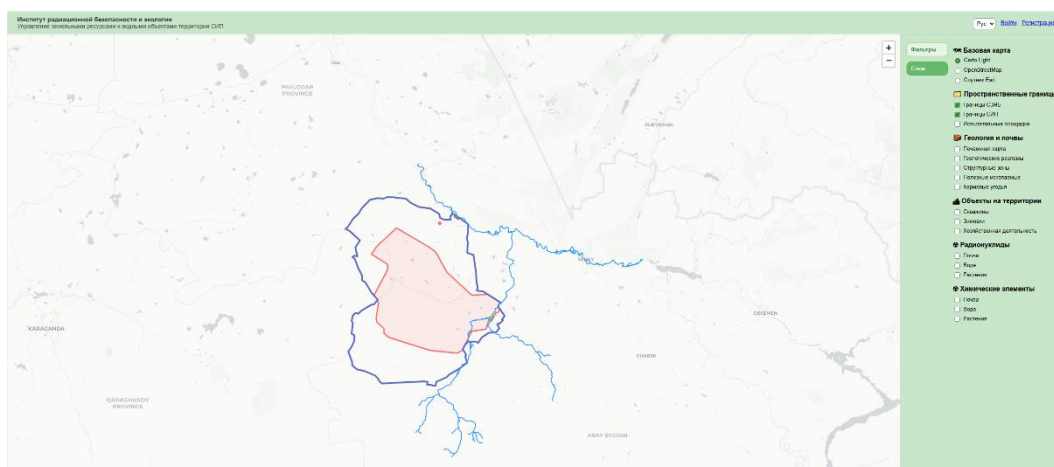


Рисунок 1. Веб-приложение, панель «Слой»

## РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА...

Отбор данных во вкладке «Фильтры» (рисунок 2) реализован сочетанием серверной и клиентской фильтрации: через REST-API запрашиваются только записи, соответствующие параметрам, заданным пользователем. Поддерживаются фильтры по территории (вся карта либо выбранный геоботанический контур с вычислением пересечения), матрице данных (почва, вода, растения), показателю (радионуклид или химический элемент); для воды дополнительно задаётся тип (поверхностная, подземная, скважина/колодец). В фильтрах доступны следующие геоботанические категории:

- сенокосопригодные луговые травостои – участки, пригодные для сенокосения;
- пастбища – естественные пастбищные угодья;
- косимые пастбища – пастбища, допускающие заготовку сена;
- заросли кустарников – участки с доминированием кустарниковой растительности;
- выходы коренных пород – обнажения коренных горных пород;

- временная пастбищная неудобь – временно непригодные для выпаса территории;
- урбанизированные территории – населённые пункты, инфраструктура, застройка;
- технические сооружения – линейные и точечные техногенные объекты.

В приложении реализована фильтрация данных по почве по радионуклидам ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) и территориальному признаку (рисунок 3). Цветовая градация основана на пороговых значениях: ниже среднего уровня (зелёный), на уровне средних значений (жёлтый) и выше среднего (оранжевый) (таблица 2). Пороговые значения для естественных радионуклидов определялись с использованием ориентировочных средних значений их удельной активности, характерных для почв Республики Казахстан [5]. Для техногенных радионуклидов в качестве пороговых значений использованы средние уровни удельной активности, полученные по результатам проведённых исследований на территории СИП [6].

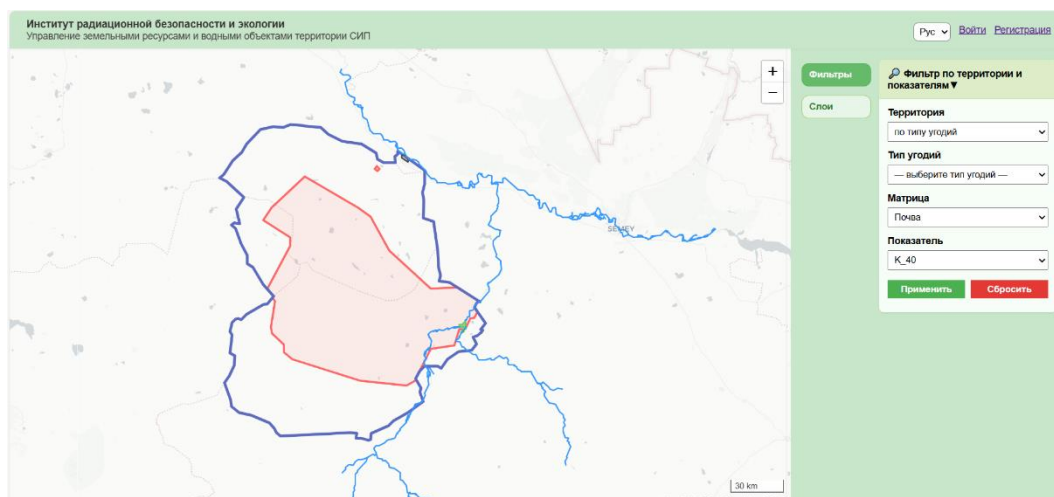


Рисунок 2. Веб-приложение, панель «Фильтры»

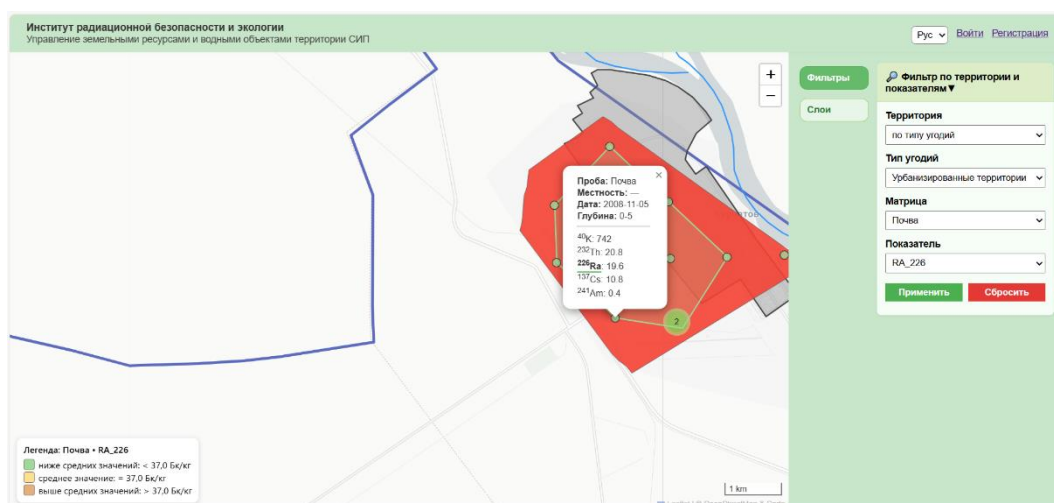


Рисунок 3. Результат фильтрации данных слоя «Почва»: показатель  $^{226}\text{Ra}$ , урбанизированные территории

**РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ  
И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА...**

Таблица 2. Пороговые значения для визуальной градации загрязнения почвы

Радионуклид	Ниже среднего, Бк/кг	Средние значения, Бк/кг	Выше среднего, Бк/кг
<sup>40</sup> K	<300	300	>300
<sup>232</sup> Th	<60	60	>60
<sup>226</sup> Ra	<37	37	>37
<sup>238</sup> U	<37	37	>37
<sup>137</sup> Cs	<18	18	>18
<sup>241</sup> Am	<0,9	0,9	>0,9

Данные по воде могут быть отфильтрованы по радионуклидам (<sup>3</sup>H, <sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>239+240</sup>Pu), по типу воды (подземная, поверхностная, скважины/колодцы) и территориальному признаку. Для оценки радиоэкологического состояния водных объектов использовались нормативные уровни вмешательства (таблица 3) [7]. На их основе были заданы пороговые значения для цветовой градации маркеров: зелёный цвет – значение ниже уровня вмешательства, желтый цвет – соответствует уровню вмешательства, оранжевый цвет – значение выше уровня вмешательства (рисунок 4).

Таблица 3. Пороговые значения для визуальной градации загрязнения воды

Радионуклид	Ниже уровня вмешательства, Бк/кг	Уровень вмешательства, Бк/кг	Выше уровня вмешательства, Бк/кг
<sup>3</sup> H	<7600	7600	>7600
<sup>241</sup> Am	<0,69	0,69	>0,69
<sup>137</sup> Cs	<11	11	>11
<sup>90</sup> Sr	<4,9	4,9	>4,9
<sup>239+240</sup> Pu	<0,55	0,55	>0,55

Доступна фильтрация данных по растительности по радионуклидам (<sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>239+240</sup>Pu) и по территориальному признаку (рисунок 5). Для визуализации принята трёхуровневая цветовая градация маркеров в соответствии с предельно-допустимыми уровнями (ПДУ) для продукции растительного происхождения: зелёный – ниже ПДУ, желтый – соответствует ПДУ, оранжевый – выше ПДУ (таблица 4). Пороговые значения заданы в соответствии с методическими указаниями Минсельхоза РК [8].

Таблица 4. Пороговые значения для визуальной градации загрязнения растительности

Радионуклид	Ниже предельно-допустимого уровня, Бк/кг	Предельно-допустимый уровень, Бк/кг	Выше предельно-допустимого уровня, Бк/кг
<sup>137</sup> Cs	<74	74	>74
<sup>90</sup> Sr	<111	111	>111
<sup>241</sup> Am	<7,4	7,4	>7,4
<sup>239+240</sup> Pu	<7,4	7,4	>7,4

Данные по химическим элементам исследуемых объектов окружающей среды могут быть отфильтрованы по территории (вся карта или выбранный геоботанический контур) и по показателю из перечня: алюминий (Al), барий (Ba), бериллий (Be), кадмий (Cd), кобальт (Co), хром (Cr), цезий (Cs), медь (Cu), железо (Fe), магний (Mg), марганец (Mn), молибден (Mo), никель (Ni), свинец (Pb), стронций (Sr), уран (U), ванадий (V), цинк (Zn) (рисунок 6).

Для визуализации содержания химических элементов используется четырёхклассная цветовая градация, основанная на сравнении фактических концентраций с фоновыми значениями (таблица 5). В качестве фоновых ориентиров приняты средние содержания элементов в почвах [9], а также данные, полученные в рамках выполненных исследований.

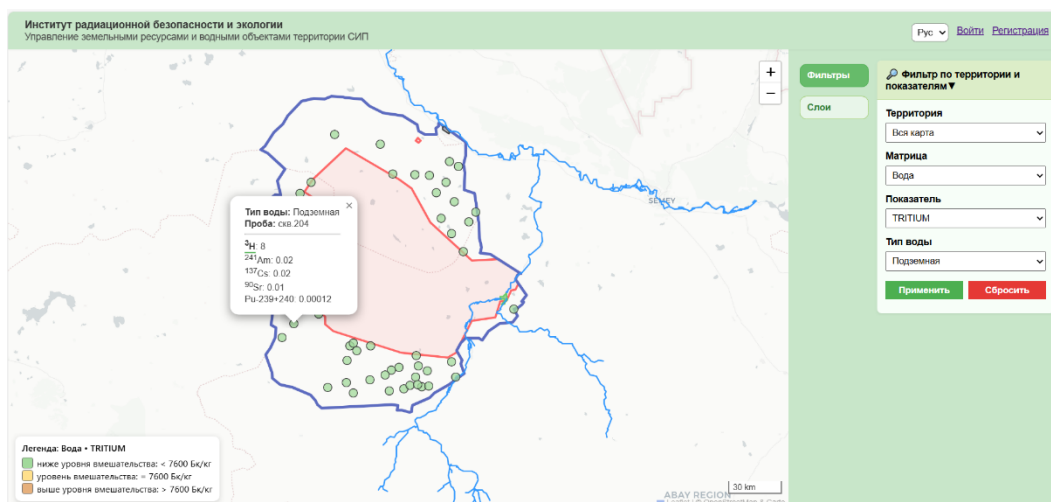
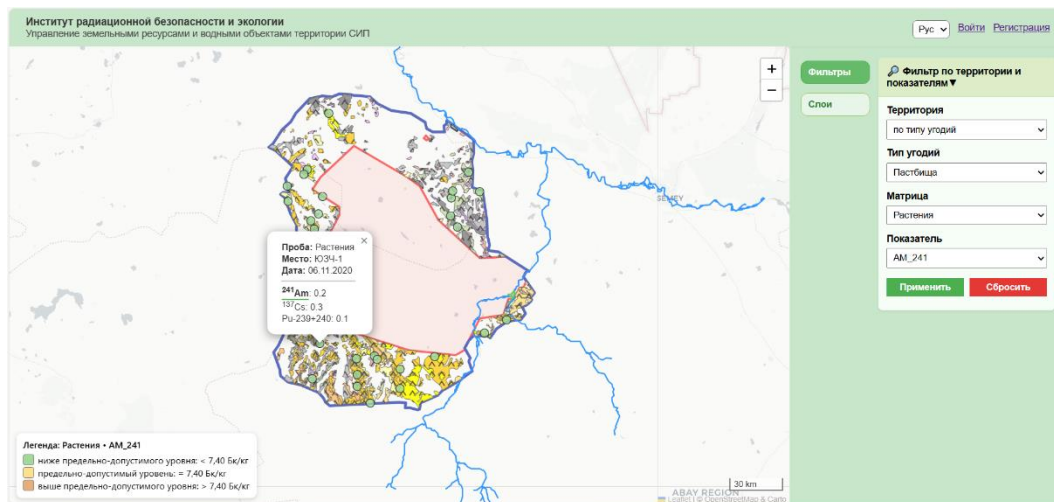
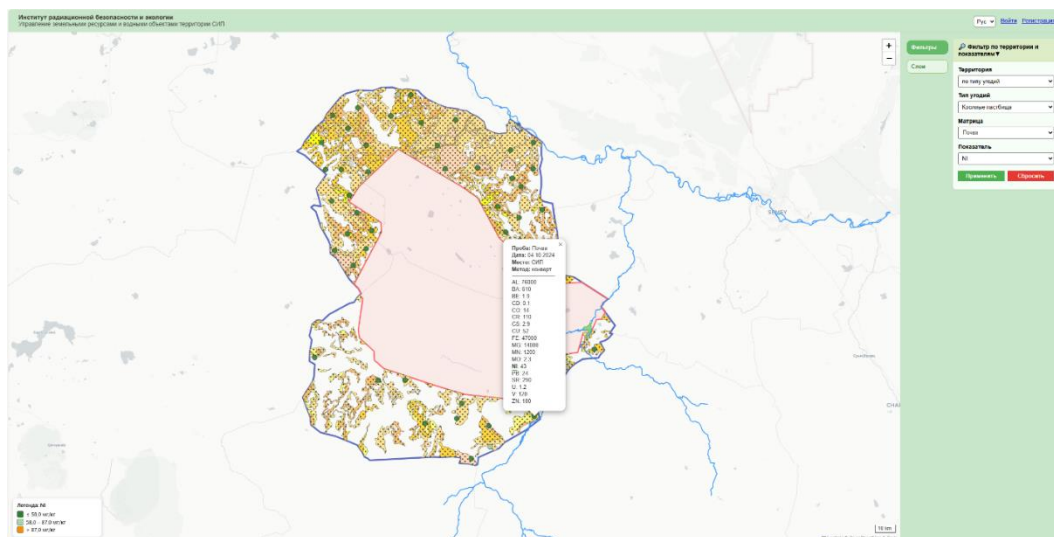


Рисунок 4. Результат фильтрации данных слоя «Вода»: показатель <sup>3</sup>H, тип воды «подземная», вся территория

**РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА...**



*Рисунок 5. Результат фильтрации данных слоя «Растения»: показатель <sup>241</sup>Am, «пастбища»*



*Рисунок 6. Результат фильтрации данных по химическим элементам: показатель Ni, «косимые пастбища»*

*Таблица 5. Интервальные пороги концентраций химических элементов в объектах окружающей среды*

Химический элемент	Порог 1, мг/кг	Порог 2, мг/кг	Порог 3, мг/кг	Порог 4, мг/кг
Al	80 500	100 000	–	–
Ba	650	770	–	–
Be	3,8	–	–	–
Cd	0,13	0,50	0,65	0,70
Co	18	27	–	–
Cr	83	166	380	–
Cs	3,7	4,4	–	–
Cu	47	94	235	390
Fe	46 500	92 000	–	–
Mg	18 700	19 000	–	–
Mn	1 000	2 000	2 600	–
Mo	1,1	5,5	10,5	–
Ni	58	87	–	–
Pb	16	32	35	–
Sr	340	680	1 000	–
U	2,5	4,1	–	–
V	90	180	210	–
Zn	83	150	–	–

Градация пороговых значений выполнена на основе кратности превышения фонового уровня, принятого равным среднему содержанию элемента. В качестве ориентиров использованы кратности 2, 5 и 10, однако конкретные пороговые значения уточнялись с учётом фактического распределения концентраций элементов в выборке. Так, например, для меди (Cu) базовый уровень составляет 47 мг/кг, при этом пороговые значения установлены на уровнях 94 мг/кг ( $\approx 2\times$ ), 235 мг/кг ( $\approx 5\times$ ) и 390 мг/кг, что соответствует верхнему диапазону наблюдаемых концентраций.

При применении фильтра визуальная градация маркеров для проб принята в строгом соответствии с действующими нормативными документами и согласована с предметной логикой: для почв используются средние значения удельной активности радионуклидов; для воды – уровни вмешательства; для растений – предельно-допустимые уровни; для химических элементов – интервальные пороги концентраций.

## РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПО УСТОЙЧИВОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ И ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА...

Для отображения проб почв и проб воды в панели «Слои» реализована кластеризация точечных объектов (рисунок 7). Точечные объекты объединяются в сегменты с помощью клиентской библиотеки Leaflet.markercluster: на общих масштабах пользователь видит кластер с числом точек, а при приближении они автоматически распадаются до отдельных маркеров, что сохраняет отзывчивость интерфейса и исключает «слипание». Кластеризация точек включена для слоёв «Радионуклиды → Почва» и «Радионуклиды → Вода» из-за объёма данных: на карте отображается 9 941 проба почвы и 191 проба воды. Объединение близких маркеров в кластеры снижает нагрузку на браузер,

предотвращает наложение значков и обеспечивает плавную навигацию.

На рисунке 8 отображен слой «Кормовые угодья». Он особенно важен для пространственной оценки территорий, планируемых к передаче в народно-хозяйственный оборот. Слой позволяет визуальнo сопоставлять геоботанические характеристики участков, определяя потенциальную хозяйственную пригодность земель. Благодаря интеграции с атрибутивной информацией о типе угодий и доминирующей растительности пользователи могут быстро оценить, насколько участок соответствует производственным критериям, необходимым для землепользования.

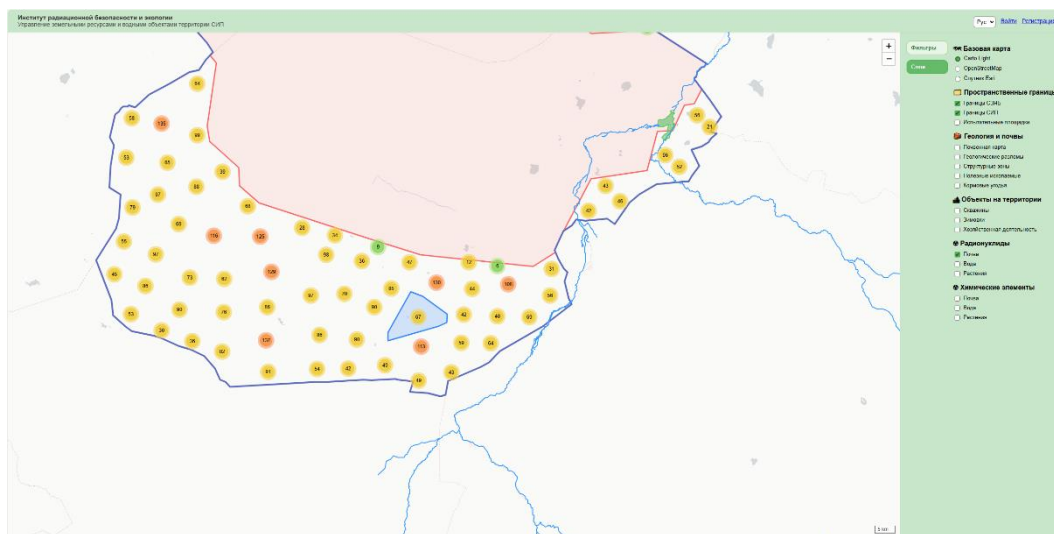


Рисунок 7. Кластеризация точечных объектов: «Радионуклиды → Почва»

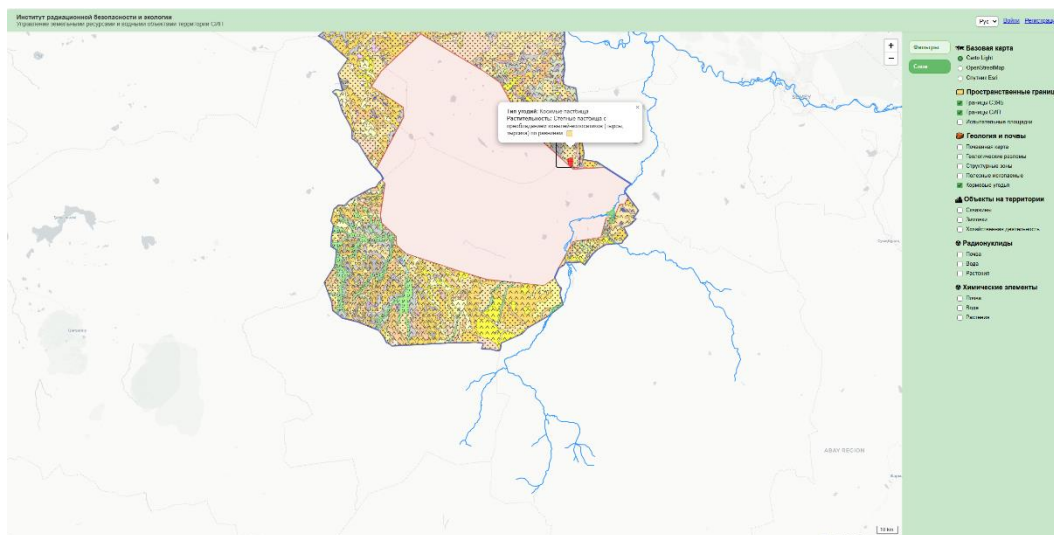


Рисунок 8. Отображение слоя «Кормовые угодья»

Для точечных геослоёв (радионуклиды и химические элементы) реализован полный набор операций CRUD, доступный только пользователям с правами администратора:

- добавление новых точек через Leaflet.Draw:

пользователь ставит маркер, заполняет форму, и точка отображается на карте;

- редактирование – открытие всплывающей формы по клику и изменение значений;
- удаление – с последующим удалением из базы

и карты без перезагрузки страницы в браузере.

– массовый импорт точек из файла CSV реализован с помощью JavaScript и fetch-запросов без перезагрузки страницы. Пользователь загружает файл, содержащий координаты и атрибутивные данные, после чего каждая строка автоматически парсится и отправляется на сервер. При успешной обработке точки моментально отображаются на карте, а система выводит сообщение с результатами импорта (количество добавленных и отклонённых записей). Такой механизм позволяет оперативно вносить большие объёмы данных с минимальными действиями со стороны пользователя.

На основе реализованных функций веб-приложения участок можно оценивать комплексно. Сначала пользователь выбирает территорию – геоботанический контур (тип угодий), затем включает необходимые базовые слои и фильтры, задаёт матрицу и показатели. После этого проводится проверка значений по цветовой шкале легенды: при отсутствии превышений участок считается условно пригодным к передаче в народно-хозяйственный оборот; при выявлении превышений результаты анализа служат основанием для рекомендаций – введение ограниченного режима использования, проведение дополнительных исследований или уточнение границ.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения работы было разработано веб-приложение по устойчивому управлению земельными ресурсами и водными объектами территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона, расположенными на участках, планируемых к передаче в народно-хозяйственный оборот. Реализованная система обеспечивает объединение геоинформационных технологий с данными полевых исследований и предлагает качественный инструмент для оценки радиационного состояния земель и водных объектов.

Приложение построено на открытом технологическом стеке (Django, PostGIS, Leaflet.js), что делает его доступным для модификации и масштабирования. Благодаря реализации клиентской фильтрации, кластеризации, динамической загрузки данных и функции редактирования объектов, обеспечена высокая производительность и удобство пользовательского взаимодействия. Поддерживается отображение сложных тематических слоёв, автоматическая стилизация объектов по уровням загрязнения, а также отображение атрибутивной информации.

Разработанное приложение демонстрирует потенциал для дальнейшего расширения: подключение новых источников данных, расширение функционала. Предлагаемое решение может служить основой для принятия обоснованных управленческих решений, планирования рекультивационных мероприятий и сопровождения научных исследований.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Агентства Республики Казахстан по атомной энергии (BR24792713) и Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (BR21882086).*

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Разработка устойчивого управления земельными ресурсами и водными объектами на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона: отчет о НИР (промежуточ.) / филиал Институт радиационной безопасности и экологии РГП НЯЦ РК; рук. Ларионова Н.В.; исполн. Кривицкий П.Е., Айдарханова А.К. [и др.]. – Курчатов, 2023. – 80. – Библиогр.: с. 59–67. – № 0123PK01163. – Инв. №0223PK00758.
2. Django Software Foundation. Django documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.djangoproject.com/> (дата обращения: 10.04.2025).
3. PostGIS Project Steering Committee. PostGIS: Spatial and Geographic Objects for PostgreSQL [Электронный ресурс]. – URL: <https://postgis.net/documentation/> (дата обращения: 15.04.2025).
4. Leaflet. Leaflet: an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps [Электронный ресурс]. – URL: <https://leafletjs.com/> (дата обращения: 12.04.2025).
5. Учебно-методическое руководство по радиоэкологии и обращению с радиоактивными отходами для условий Казахстана / ред. Т. Е. Каткова. – Алматы: ОАО «Волковгеология», 2002. – 304 с.
6. Каширский, В. В. О некоторых характерных параметрах радионуклидного загрязнения бывшего Семипалатинского полигона / В. В. Каширский, Е. В. Романенко, И. О. Зверева, С. Н. Лукашенко // Ядерная и радиационная безопасность. – 2019. – № 3 (93). – С. 14–25.
7. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан «Об утверждении гигиенических нормативов к обеспечению радиационной безопасности» от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-71. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012>.
8. Временные допустимые уровни содержания радионуклидов в объектах контроля Минсельхоза Республики Казахстан, не вошедших в перечень Минздрава Республики: метод. указания. – 22.02.1994.
9. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в земной коре // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.

#### **REFERENCES**

1. Razrabotka ustoychivogo upravleniya zemel'nyimi resursami i vodnymi ob"ektami na territorii byvshego Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona: otchet o NIR (promezhutoch.) / filial Institut radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii RGP NYaTs RK; ruk. Larionova N.V.; ispoln. Krivitskiy P.E., Aydarkhanova A.K. [i dr.]. – Kurchatov, 2023. – 80. – Bibliogr.: P. 59–67. – No. 0123RK01163. – Inv. No. 0223RK00758.
2. Django Software Foundation. Django documentation [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://docs.djangoproject.com/> (data obrashcheniya: 10.04.2025).
3. PostGIS Project Steering Committee. PostGIS: Spatial and Geographic Objects for PostgreSQL [Elektronnyy resurs].

- URL: <https://postgis.net/documentation/> (data obrashcheniya: 15.04.2025).
- Leaflet. Leaflet: an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://leafletjs.com/> (data obrashcheniya: 12.04.2025).
  - Uchebno-metodicheskoe rukovodstvo po radioekologii i obrashcheniyu s radioaktivnymi otkhodami dlya usloviy Kazakhstana / red. T. E. Katkova. – Almaty: OAO “Volkovgeologiya”, 2002. – 304 p.
  - Kashirskiy, V. V. O nekotorykh kharakternykh parametrah radionuklidnogo zagryazneniya byvshego Semipalatinskogo poligona / V. V. Kashirskiy, E. V. Romanenko, I. O. Zvereva, S. N. Lukashenko // Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'. – 2019. – No. 3 (93). – P. 14–25.
  - Prikaz Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan «Ob utverzhdenii gigienicheskikh normativov k obespecheniyu radiatsionnoy bezopasnosti» ot 2 avgusta 2022 goda No. KR DSM-71. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012>
  - Vremennye dopustimye urovni sodержaniya radionuklidov v ob"ektakh kontrolya Minsel'khoza Respubliki Kazakhstan, ne voshedshikh v perechen' Minzdrava Respubliki: metod. ukazaniya. – 22.02.1994.
  - Vinogradov A.P. Srednee sodержanie khimicheskikh elementov v zemnoy kore // Geokhimiya. – 1962. – No. 7. – P. 555–571.

**ХАЛЫҚ-ШАРУАШЫЛЫҚ АЙНАЛЫМҒА БЕРУ ЖОСПАРЛАНЫП ОТЫРҒАН УЧАСКЕЛЕРДЕ  
ОРНАЛАСҚАН БҰРЫНҒЫ СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫ АУМАҒЫНЫҢ ЖЕР РЕСУРСТАРЫ МЕН  
СУ ОБЪЕКТІЛЕРІН ТҰРАҚТЫ БАСҚАРУ ЖӨНІНДЕГІ WEB-ҚОСЫМШАНЫ ӘЗІРЛЕУ**

**И. А. Бачуринна\*, В. Н. Монаенко, Н. В. Ларионова, А. В. Топорова**

*ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатова, Қазақстан*

*\* Байланыс үшін E-mail: [bachurina@nnc.kz](mailto:bachurina@nnc.kz)*

Мақалада халық-шаруашылық айналымға беру жоспарланған учаскелерде орналасқан бұрынғы Семей сынақ полигонының (ССП) аумағындағы жер ресурстары мен су объектілерін тұрақты басқаруға арналған web-қосымшаны әзірлеу нәтижелері келтірілген. Жұмыста PostGIS көмегімен кеңістіктік мәліметтер базасын құру процесі, Django-да серверлік логиканы іске асыру және Leaflet.js. көмегімен геообъектілерді визуализациялау сипатталған. Әзірленген қосымша топырақ және су сынақтарының нүктелерін, геологиялық құрылымдарды, инфрақұрылым элементтерін және т. б. қоса алғанда, радиациялық-экологиялық деректерді көрсетуді, сүзуді және редакциялауды қамтамасыз етеді. REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface) құру кезеңдері, CSV (Comma-Separated Values) форматындағы деректерді импорттау механизмі, сондай-ақ қабаттарды интерактивті басқару құралдары бар карталар келтірілген. Құрал радиациялық қауіпсіздік және экологиялық жоспарлау саласындағы шешімдерді қолдауға бағытталған.

**Түйін сөздер:** *web-қосымша, кеңістіктік деректер базасы, геоқпараттық жүйелер (ГАЖ), Семей сынақ полигоны, тұрақты басқару, кеңістіктік талдау.*

**DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF LAND  
AND WATER RESOURCES IN THE TERRITORY OF THE FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE  
LOCATED IN AREAS PLANNED FOR ECONOMIC USE**

**I. A. Bachurina\*, V. N. Monaenko, N. V. Larionova, A. V. Toporova**

*Branch “Institute of Radiation Safety and Ecology” RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

*\* E-mail for contacts: [bachurina@nnc.kz](mailto:bachurina@nnc.kz)*

The article presents the results of developing a web application for sustainable management of land and water resources in the territory of the former Semipalatinsk Test Site (STS), located in areas planned for economic use. The study describes the process of creating a spatial database using PostGIS, implementing server-side logic in Django, and visualizing geospatial objects with Leaflet.js. The developed application provides tools for displaying, filtering, and editing radiation and environmental data, including soil and water sampling points, geological structures, and infrastructure elements. The paper outlines the stages of developing a REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface), mechanisms for importing data in CSV (Comma-Separated Values) format, and tools for interactive layer management on the map. The system is designed to support decision-making in the field of radiation safety and environmental planning.

**Keywords:** *web application, spatial database, geographic information systems (GIS), Semipalatinsk Test Site, sustainable management, spatial analysis.*