

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА РАДИАЦИОННОГО ФОНА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПЛОЩАДКИ И ЕЁ КОРРЕКЦИЯ

Яковлева Александра Анатольевна, доцент, Санкт-Петербургский горный университет,  
 Мединская Дарья Кирилловна, студент, Санкт-Петербургский горный университет,  
 Мовчан Игорь Борисович, доцент, Санкт-Петербургский горный университет

## АННОТАЦИЯ

Проблема загрязнения окружающей среды стоит наиболее остро в мировой повестке. Отрицательное влияние антропогенного и техногенного воздействия на планету Земля очевидно. В связи с этим, появляется необходимость оперативной оценки состояния окружающей среды. Ключевым инструментом здесь становится мониторинговая геофизика. **На примере специализированной площадки приводится описание пространственно-временной динамики радиационного фона объекта.** После оценки развития фона по выбранному интервалу времени, было выполнено составление на основе аналитической экстраполяции прогноза значений. В результате, площадка характеризовалась как набор некоторых блоков, разбиваемых по их стационарной временной динамике. **Как результат работы, отображена в докладе единая мониторинговая оценка с прогнозными заключениями,** основа которой может использоваться в будущем и на других объектах.

## ВВЕДЕНИЕ

Данная работа отражает выполнение оценки временной динамики интенсивности вторичных ионизирующих излучений на примере локального техногенного воздействия на окружающую систему. **Объектом** изучения является местность производственного комплекса. Комплекс занимается производством рентгеновских приборов, которые в свою очередь являются устройствами повышенной опасности как для рабочего персонала, так и окружающей биосферы. Создание приборов сопровождается наличием проникающей радиации на местности.

**Главной целью** проведения анализа, является применение математического алгоритма для дальнейшей корректировки эколого-геофизической обстановки. **Мониторинг** системы был осуществлен посредством периодических измерений радиационного фона объекта на протяжении нескольких месяцев. Были сформулированы следующие **задачи исследования:**

- Регулярное измерение радиационного фона объекта на протяжении некоторого времени для составления временной динамики;
- Поиск источников аномального фона для установления пространственного распределения значений радиационного фона на объекте;
- Применение аналитической экстраполяции для составления прогнозной карты по изучаемому объекту;
- Анализ полученных результатов исследования и составление выводов.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

**Объект исследования:** производственная площадка, включающая линию по изготовлению радиологического оборудования и его тестирования на территории г. Санкт-Петербург.

### Общий алгоритм работы:

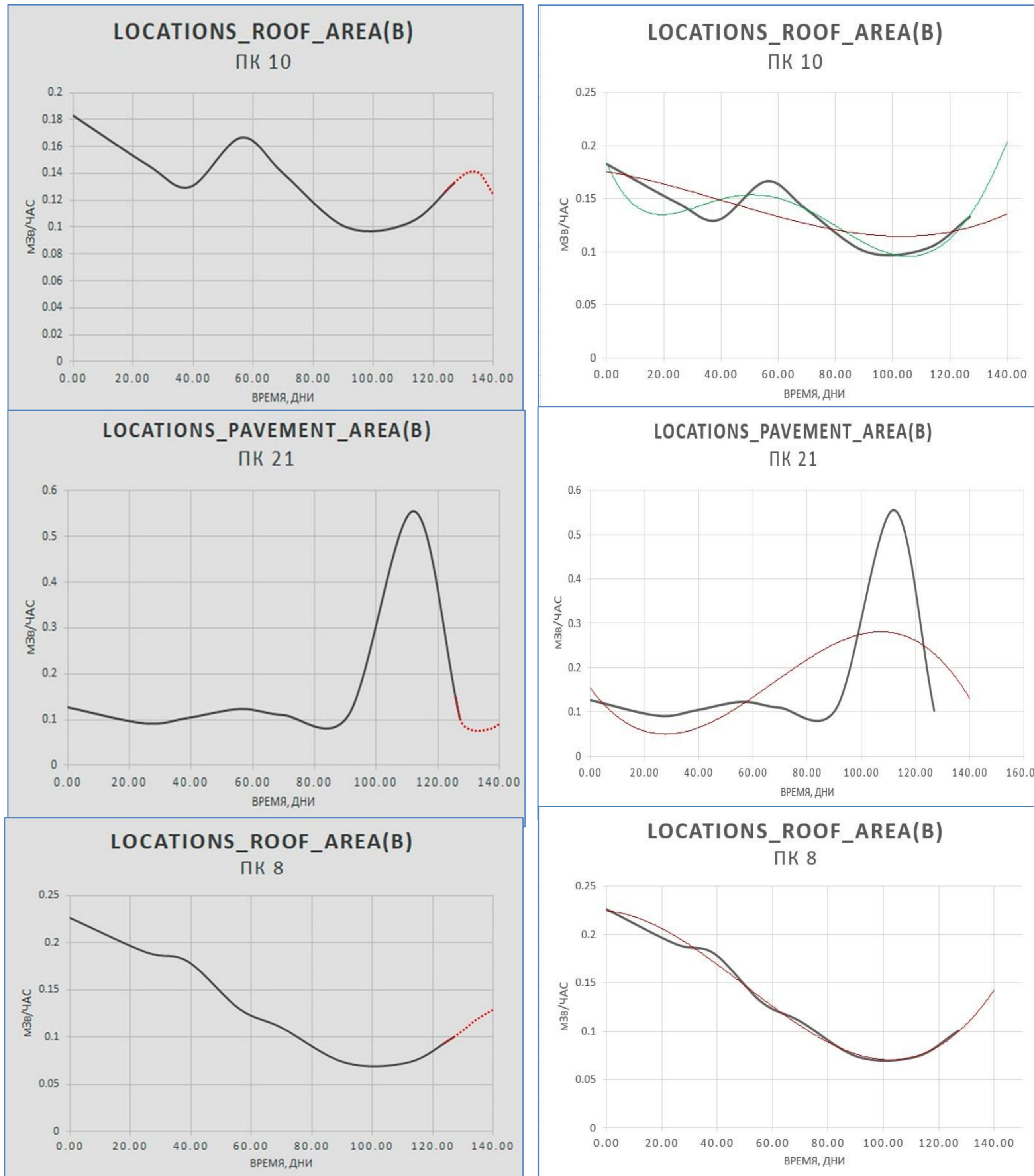
- Составление схемы пунктов измерений;
- Проведение замеров мощности полевой эквивалентной дозы радиационного фона с определенной частотой (два раза в месяц на протяжении пяти месяцев);
- Построение графического материала по измеренным значениям;
- Определение стационарных производственных источников излучений на объекте;
- Определение природных факторов распределения активной пыли по местности объекта;
- Установление функциональной зависимости изменения радиационного фона от времени для каждого ПК;
- Применение основных принципов аналитической экстраполяции для прогнозных построений:
  - Использование общего вида аналитически подобранной функции  $f(t) = 0.157 + 0.035e^{-0.005t} \sin\left(\frac{t+13}{40}\right) + 0.05e^{-0.015t} \cos\left(\frac{t}{9.1e^{-0.0016t}} - 0.9\right)$ , где коэффициенты меняются от графика к графику;
  - Формирование экстраполяционной функции в пределах интервала допустимых значений магнитуд;
  - Проявление на локальных интервалах S-образной (логистической) функции.
- Применение экстраполяции по степенному многочлену
- Составление прогнозной карты
- Сравнительный анализ полученных результатов и определение выводов по исследованию

## ОПИСАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

На основе измерений был отстроен набор карт, отражающих состояние объекта относительно различных временных отрезков. Предполагаемым распространяющимся по местности носителем радиации является **активная пыль сложного вещественного состава.**

Было установлено, что на площадке имеются стационарные источники излучений. Подтверждается это постоянным максимальным уровнем значений по всем временам для конкретных ПК. Как выяснено позже, эти области относились к строениям бывшего хранилища отходов и постов испытания рентгеновского оборудования. Однако, для полного характеристического описания динамики развития данного локального загрязнения являлось недостаточным только лишь установления первичных источников, необходимо было уточнить природные факторы, влияющие на вторичное распространение активной пыли по близлежащей местности.

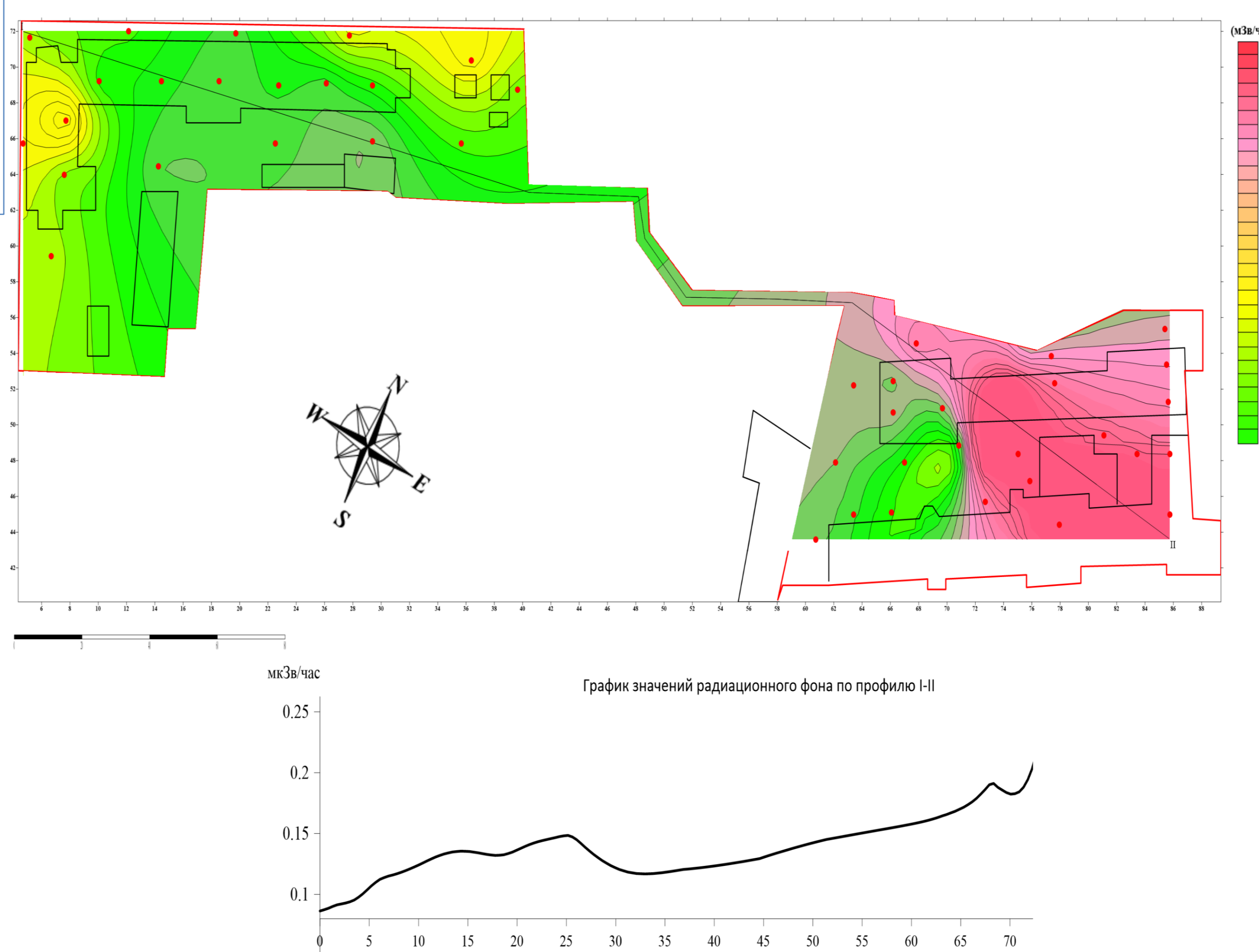
В первую очередь прослеживается закономерная пространственная направленность динамики радиоактивного загрязнения со временем. Было получено, что распространение излучения связано с преобладающими на объекте сезонными розами ветров. **Простираения изолиний карт выполненных измерений подобны ориентации роз ветров.** Предположительно, имеющаяся нестационарность измерений на некоторых ПК изучаемого объекта связана с зонами влияния турбулентных воздушных потоков. Говоря в целом, **для данного объекта принципиальной является изменчивость радиоактивного загрязнения в северо-западном направлении,** однако нельзя отрицать влияния и других неустановленных случайных и периодических природных или антропогенных факторов.



**Рис. 2** – Графики мониторинга и прогноза на основе аналитически подобранной функции  $f(t) = 0.157 + 0.035e^{-0.005t} \sin\left(\frac{t+13}{40}\right) + 0.05e^{-0.015t} \cos\left(\frac{t}{9.1e^{-0.0016t}} - 0.9\right)$

**Рис. 3** – Графики мониторинга и прогноза на основе расчета полиномов разной степени (черн. – мониторинговая функция, зел. – полином 5 степени, красн. – полином 3 степени)

### ПРОГНОЗНАЯ КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО ФОНА



## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ ВАРИАНТОВ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ

Измеренные на полигоне сигналы имеют конечную структуру, тем самым, возникает **возможность формирования прогнозных схем распределения значений радиационного поля.** Экстраполяция прогнозных значений для 140-го дня измерений выполнена аналитически подобранной функции вида

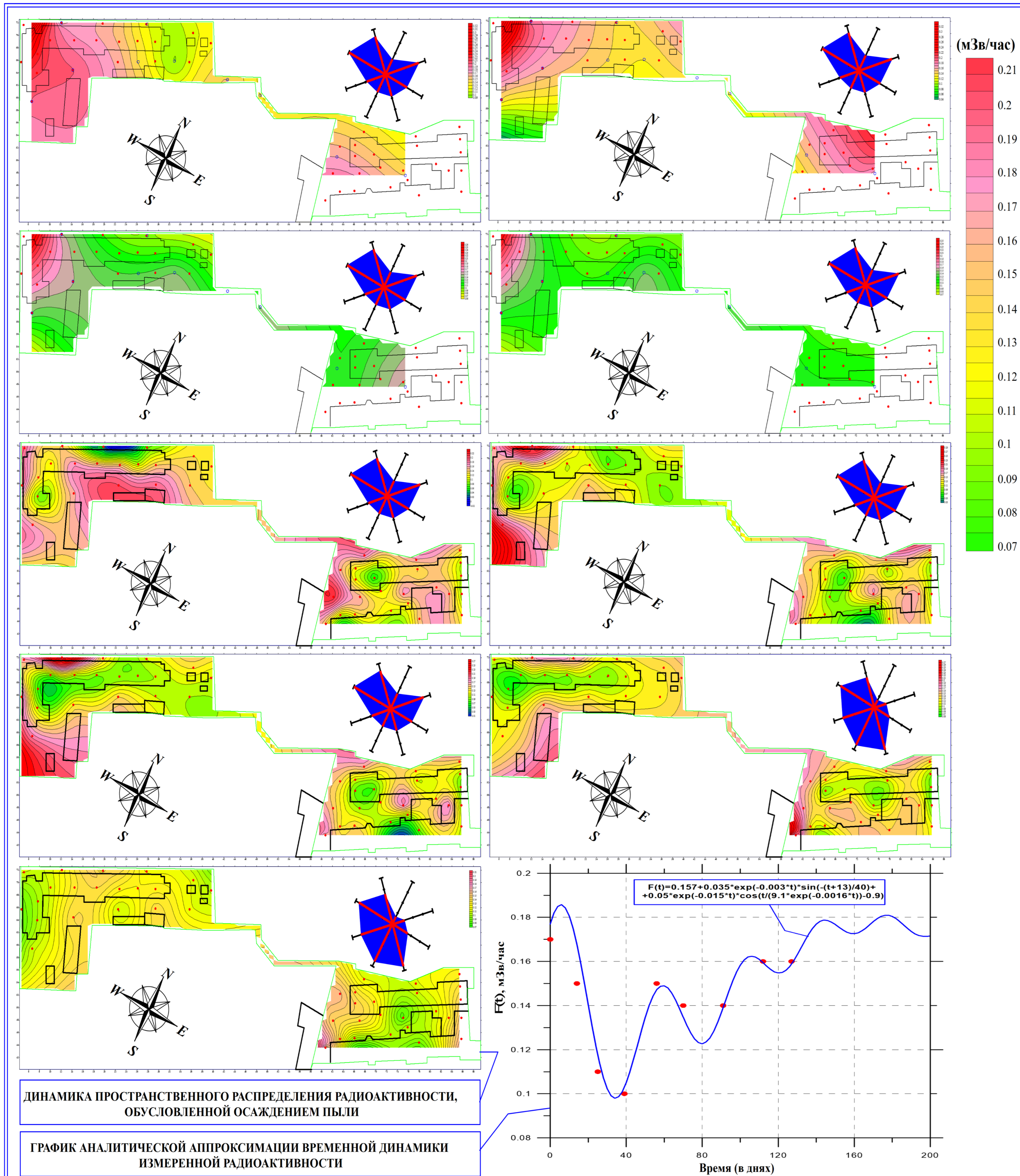
$$f(t) = 0.157 + 0.035e^{-0.005t} \sin\left(\frac{t+13}{40}\right) + 0.05e^{-0.015t} \cos\left(\frac{t}{9.1e^{-0.0016t}} - 0.9\right)$$

В результате чего, по каждому из ПК были получены значения для построения предполагаемого состояния радиационного фона. Для экспериментального сравнения, были построены графики степенных полиномов 3-го и 5-го порядков  $f(t) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5$ . На основе построения графиков полинома третьего порядка наглядно отображается, что **полином малого порядка дает на небольших интервалах прогноза удовлетворительный результат.** Однако этот полином не описывает всех деталей фактической кривой.

Говоря о пробном построении графика полинома пятого порядка, то необходимо заметить, что как только полином стремится уменьшить среднеквадратичное отклонение от фактической кривой, рост амплитуды колебаний в структуре полинома автоматически коррелируется с резким уходом полинома в зоне прогноза в область недостоверных значений (за пределы наблюдаемого амплитудного диапазона).

**Рис. 3** – Прогнозная карта распределения радиационного фона

### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ РАДИОАКТИВНОСТИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ОСАЖДЕНИЕМ АКТИВНОЙ ПЫЛИ



**Рис. 1** – Отображение пространственно-временных закономерностей динамики радиоактивности, обусловленной осаждением активной пыли

## ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗА РАДИАЦИОННОГО ФОНА

Наглядно отображена аномальная зона на ЮВ объекта, со значениями около 0,2-0,21 мЗв/час, предположительно связанная с местоположением постов испытания рентгеновских трубок. Так же на СЗ наблюдаются две аномальные зоны со значениями около 0,12-0,14 мЗв/час, по всей вероятности отображающие строения бывших хранилищ отходов.

## ВЫВОДЫ

Геофизические изыскания в экологическом мониторинге различных антропогенных загрязнений дают возможность **оперативной оценки и своевременного предотвращения влияния источников** на окружающую биосферу. **Выполнена задача оценки временной динамики интенсивности вторичных ионизирующих излучений на примере локального техногенного воздействия на окружающую систему.** Так же в анализе результатов были учтены природные факторы распространения активной пыли по местности. Были определены аномальные зоны на территории, установлены предполагаемые источники. Проведено экспериментальное прогнозирование развития уровня радиоактивного излучения на всей территории предприятия, а также выполнено сравнение способов математического прогнозирования. Итоговые материалы включают ряд показательных эколого-геофизических карт и графиков, демонстрирующих возможность последующего создания, на базе аналогичного мониторинга, системы прогнозирования. **В будущем подобный алгоритм изучения производственной площадки может послужить основой для определения специализированных мер по нормализации радиационного фона различных объектов.**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трухин В.И., Показев К.В., Куницын В. Е. Общая и экологическая геофизика. — М.: ФИЗМАТЛИТ. 2005.
2. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М., «Мир», 1982, с.384-402.
3. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. М., «ФИЗМАТЛИТ», 2003. 496 с.