

# **ОЦЕНКА ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА**

Идрисов В.Р., Тляшева Р.Р., Кузеев И.Р.

## **Введение**

Анализ информации является необходимым условием при планировании деятельности предприятия, принятии решений, поиске путей повышения безопасности. Грамотный анализ данных и правильное использование полученной информации позволяет значительно повысить эффективность работы предприятия. При этом, учитывая высокую динамичность современных технологических процессов, зачастую возникает необходимость быстрого и, как следствие, почти интуитивного принятия решения по тому или иному вопросу. В этих условиях огромную роль приобретает наглядность представления аналитической информации – не секрет, что графическую информацию (схемы, графики, карты) человек воспринимает лучше, чем сухой язык цифр. Анализ данных с использованием непрерывного вейвлет-преобразования является удобным, надежным и мощным инструментом исследования процессов и позволяет представить результаты в очень наглядном виде, удобном для изучения и интерпретации.

## **Вейвлет-анализ зон равной потенциальной опасности опасных производственных объектов**

В [1] и [2] приведено описание концепции системы визуализации зон опасностей опасных производственных объектов (ОПО). Анализ графической и семантической информации при помощи этой системы позволяет локализовать пространственно зоны потенциальных опасностей отдельных аппаратов установки.

Система визуализации зон опасностей ОПО работает под управлением геоинформационной системы «ИнГЕО» [3]. Подсистема «умеет» считывать из ГИС данные об опасных объектах и динамически отображать на поверхности

электронной карты зоны опасности оборудования ОПО (настраивается пользователем). Пример работы подсистемы приведён на рисунке (рис. 1).

Однако, с увеличением количества аппаратов на территории установки, общий анализ опасных зон становится трудновыполнимым: на экране отображается слишком много перекрывающихся зон и человеческий глаз не в состоянии адекватно воспринимать предоставляемую системой информацию.

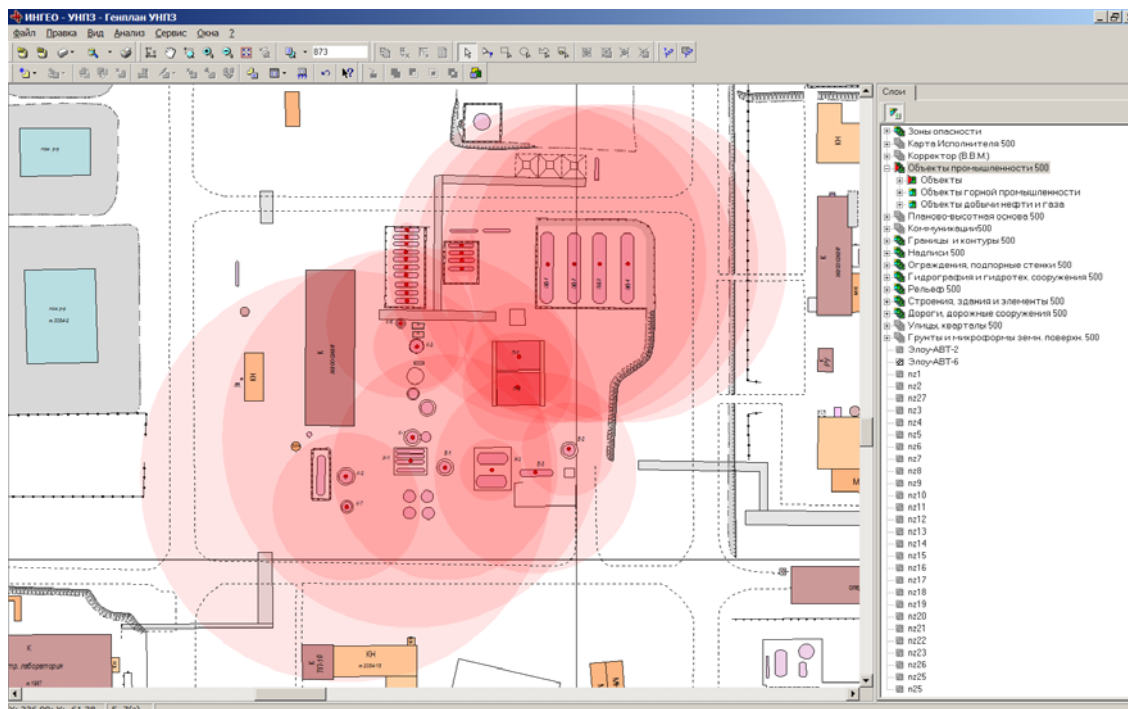


Рисунок 1. Зоны полных разрушений аппаратов технологической установки

Для решения указанной проблемы предлагается провести кратномасштабный вейвлет-анализ графического изображения зон опасностей.

Идея кратномасштабного анализа описана в [4] и вкратце может быть сформулирована следующим образом: взглянуть на сигнал сначала вплотную – под микроскопом, затем через лупу, потом отойти на пару шагов, потом посмотреть издали.

Этот подход дает нам следующие преимущества.

Во-первых, мы можем, путем последовательного огрубления (или уточнения) сигнала, выявлять его локальные особенности (характерные детали изображения) и подразделять их по интенсивности.

Во-вторых, таким образом обнаруживается динамика изменения сигнала в зависимости от масштаба. Если резкие скачки (например, аварийное отклонение показаний датчика) во многих случаях видны «невооруженным глазом», то взаимодействия событий на мелких масштабах, перерастающие в крупномасштабные явления, увидеть очень сложно. И наоборот, сосредоточившись только на мелких деталях, можно не заметить явлений, происходящих на глобальном уровне.

В нашем случае в качестве набора сигналов выступает графическое представление зон потенциальной равной опасности совокупности опасных объектов (рис. 2).

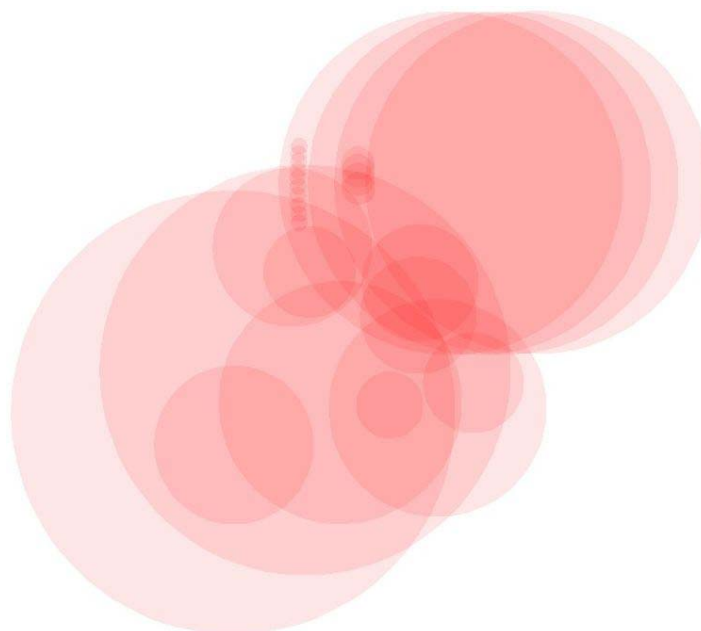


Рисунок 2. Пример перекрывающихся зон опасностей оборудования ОПО

Изображение можно рассматривать как матрицу, размеры которой определены его высотой и шириной. Элементы матрицы принимают целые значения в диапазоне  $[0; 255]$  – это значение цвета в некоторой палитре цветов.

Несмотря на то, что изображение имеет двумерную структуру, применяется одномерное вейвлет-преобразование, что дает значительный выигрыш в скорости вычислений по сравнению с двумерными вейвлетами. В качестве вейвлет-фильтров используются дискретные вейвлеты Добеши. Методика расчета коэффициентов фильтров Добеши для проведения дискретного вейвлет-преобразования приведена в [4].

Алгоритм вейвлет-преобразования следующий.

Исходная матрица представляется в виде набора строк, иными словами, набора векторов; каждый элемент этого набора имеет длину, совпадающую с шириной изображения, а элементы векторов принимают целочисленные значения в диапазоне от 0 до 255.

На рисунке 3 показан пример трех сигналов, соответствующих различным областям тестового изображения. Таким образом, анализу подвергаются функции  $I(x)$  интенсивности пикселей, аргумент  $x$  – это горизонтальная координата точки на изображении.

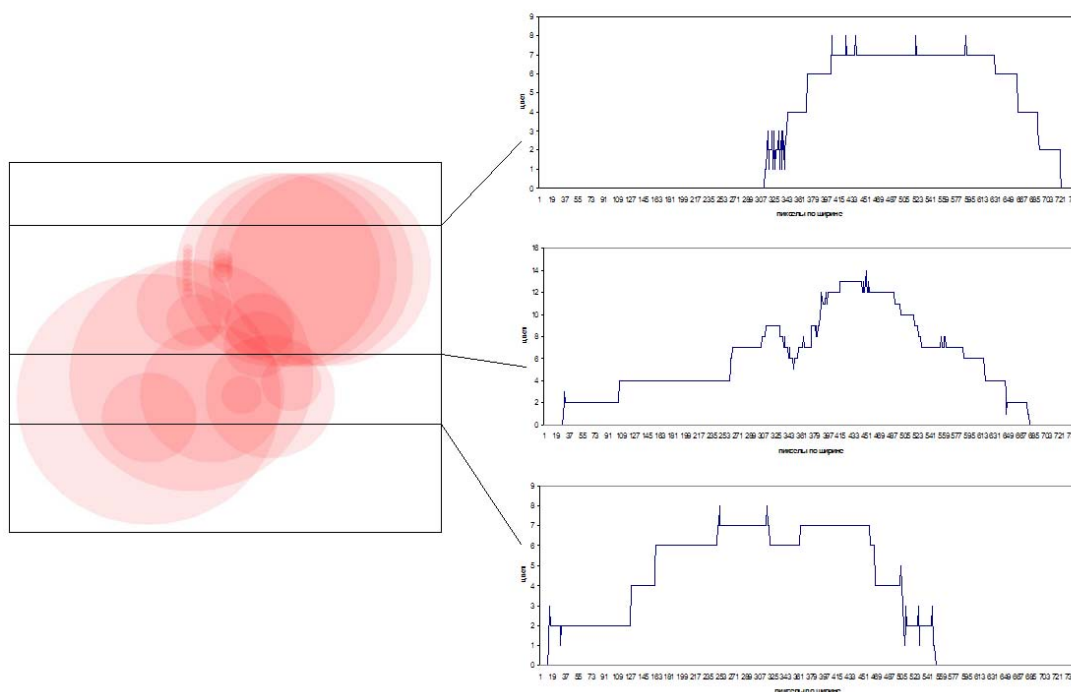


Рисунок 3. Тестовый образ и примеры сигналов, соответствующим горизонтальным линиям изображения

Функции интенсивности подвергаются вейвлет-преобразованию при фиксированном значении масштабного коэффициента  $a$ . В результате мы вновь получаем одномерный вектор, вида

$$W_{g_n}(a,b)I = \frac{1}{\sqrt{|a|C_{g_n}}} \sum_{k=1}^N I(k) \int_{k-1}^k g_n\left(\frac{x-b}{a}\right) dx, \quad (1)$$

число элементов  $N$  которого равно ширине изображения. Индекс элемента вектора совпадает с величиной смещения  $b$  вейвлета.

Описанная последовательность действий приводит к набору векторов, содержащих вейвлет-образы строк матрицы исходного изображения. Объединив полученный набор векторов можно получить вейвлет-преобразованное изображение исходного.

Однако, кратномасштабный анализ предполагает в итоге получение вейвлет-преобразованных данных для нескольких масштабов: для каждого из масштабов формируется набор данных из аппроксимирующих и детализирующих коэффициентов. Возникает необходимость определения критерия применимости аппроксимирующих коэффициентов для оценки исходных данных.

### **Критерий выбора масштаба вейвлет-анализа зон опасностей**

С уменьшением масштаба полученные данные все меньше соответствуют исходным, так как убираются детализирующие данные.

Детализирующими данными в данном случае выступают области опасностей, площади которых являются достаточно малыми по отношению к площадям проекций аппаратов на земную поверхность. Это означает, что в результате вейвлет-преобразования исходного изображения появляется множество областей опасностей, которыми можно пренебречь, так как они создают дополнительный шум, что не способствует быстрому визуальному анализу полученных данных. Такие области опасности будем называть *незначущими*.

Таким образом, в качестве критерия выбора масштаба вейвлет-анализа предлагается взять количество незначущих опасностей на каждом рассматриваемом масштабе. В ходе экспериментального вейвлет-исследования зон полных разрушений оборудования технологической установки для 32 масштабов было выявлено, что 15-й масштаб имеет наименьшее количество незначущих областей опасностей.

### Критерий оценки результатов вейвлет-преобразования зон опасностей

Как видно из результатов вейвлет-преобразования зон полных разрушений (рис. 4), данные представлены в виде цветовой локализации областей опасностей на территории установки.

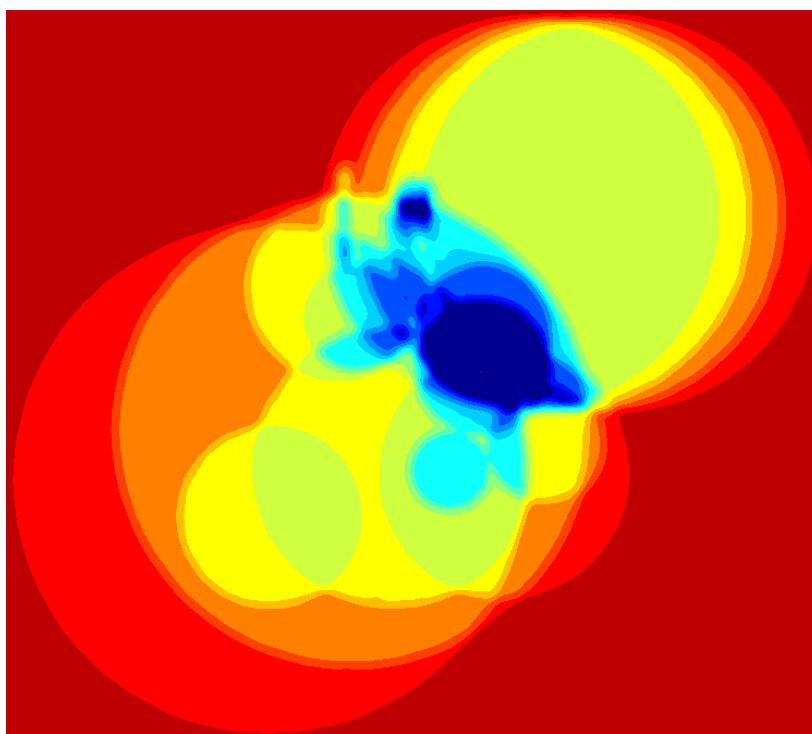


Рисунок 4. Вейвлет-преобразованное изображение зон опасностей 15-го масштаба

Оценку этих областей будем производить из следующих соображений.

Максимально насыщенные цвета соответствуют наибольшему количеству наложенных друг на друга зон полных разрушений аппаратов установки. Следовательно, самая насыщенная область является наиболее опасной с точки зрения вероятности возникновения аварийной. Такие области будем называть *критическими областями потенциальной опасности*.

Таким образом, в качестве критерия рассматривается максимальное число наложений зон полных разрушений, которое дает на графическом образе вейвлет-преобразованного изображения область, имеющую наиболее насыщенный цвет.

### Алгоритм вейвлет-анализа

Алгоритм вейвлет-анализа зон опасностей приведён на рисунке (рис. 5). Если анализ показывает, что общая площадь критических областей превышает 5% от площади территории установки, то в целях повышения уровня безопасности установки есть смысл провести оптимизацию безопасного расположения оборудования установки, так как согласно п.1 статьи 9 ФЗ №116 от 20.06.1997г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» организация, эксплуатирующая опасные производственные объекты, должна принимать меры по защите жизни и здоровья работников.

### Алгоритм оптимизации безопасного расположения оборудования установки

Для этого в работе была поставлена и решена задача оптимального расположения оборудования установки с минимизацией длины трубопроводов, соединяющих аппараты:

$$G(x_i, y_i) < 0, \quad i = \overline{1, n},$$

$$H_{i,j} \equiv (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 - R_i^2 > 0, \quad i = \overline{1, n-1}, j = \overline{i+1, n}, \quad (2)$$

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^l (|x_{n_i} - x_0| + |y_{n_i} - y_0|) + \sum_{i=1}^l \sum_{k=2}^{j_i} (|x_{n_k} - x_{n_{k-1}}| + |y_{n_k} - y_{n_{k-1}}|) \rightarrow \min,$$

где

- $n$  – количество аппаратов;
- $(x_i, y_i)$  – координаты центров аппаратов (в проекции на земную поверхность);
- $(x_0, y_0)$  – координаты начала системы трубопроводов;
- $G(x_i, y_i)$  – множество точек плоскости, определяющее территорию установки;
- $H_{i,j} > 0$  – система ограничений, ответственных за безопасные расстояния аппаратов друг от друга;
- $f(x, y)$  – функция длины трубопроводов, подлежащая минимизации.

В результате решения задачи (2) выявляется минимальное значение функции  $f(x, y)$  и набор координат  $(x_i, y_i)$  безопасно расположенных аппаратов установки с минимальной длиной соединяющих трубопроводов. Используя эти координаты составляется обновленная цифровая модель территории установки, которая далее подвергается вейвлет-анализу. Алгоритм решения задачи оптимизации приведен на рисунке (рис. 6).

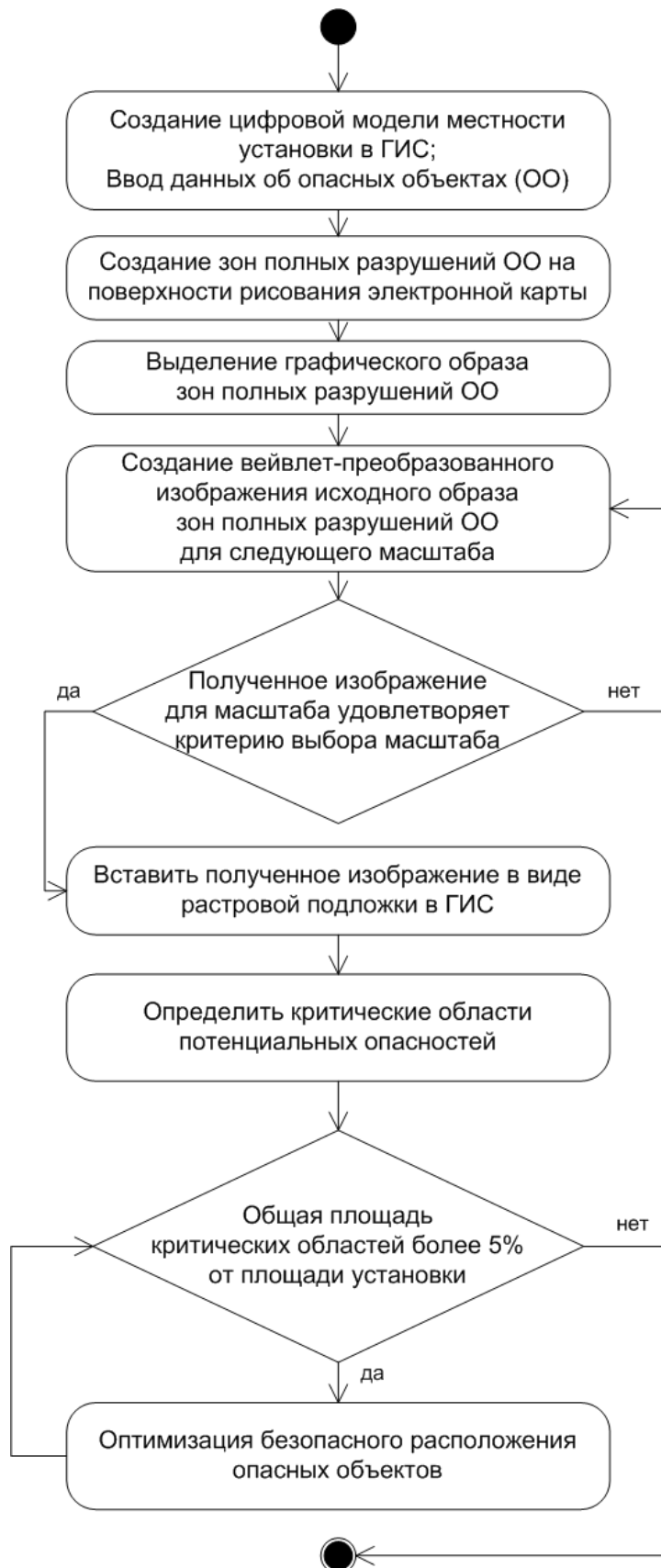


Рисунок 5. Блок-схема метода вейвлет-анализа зон полных разрушений ОПО

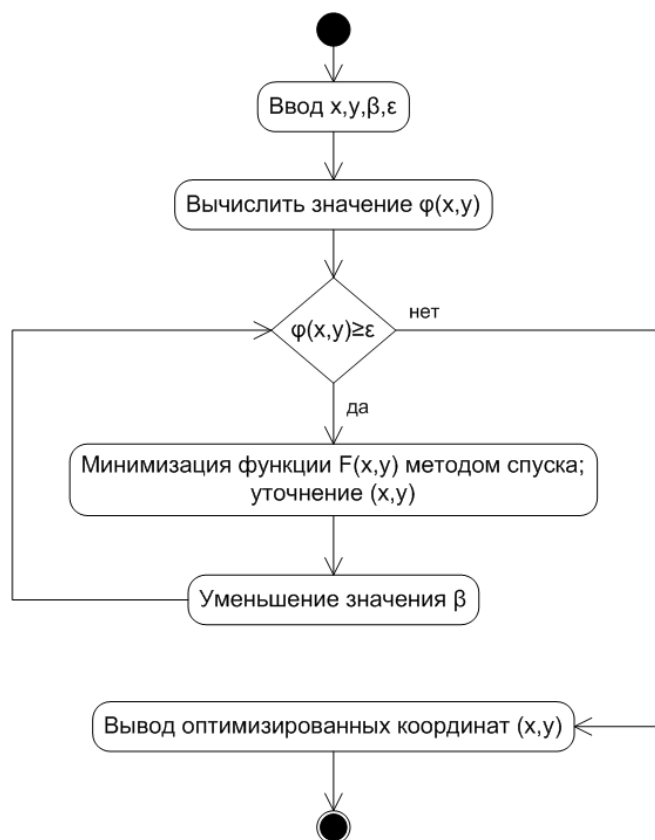


Рисунок 6. Блок-схема решения задачи оптимального расположения оборудования установки

### Оценка зон опасностей оптимально расположенного оборудования установки

С использованием рассмотренных алгоритмов проведён сравнительный анализ безопасности типовой технологической установки до и после оптимизации безопасного расположения оборудования.

На рисунке 7 приведено типовое расположение оборудования установки ЭЛОУ-АВТ.

В ГИС «ИнГЕО» была построена электронная модель пространственного расположения элементов установки (рис. 8).

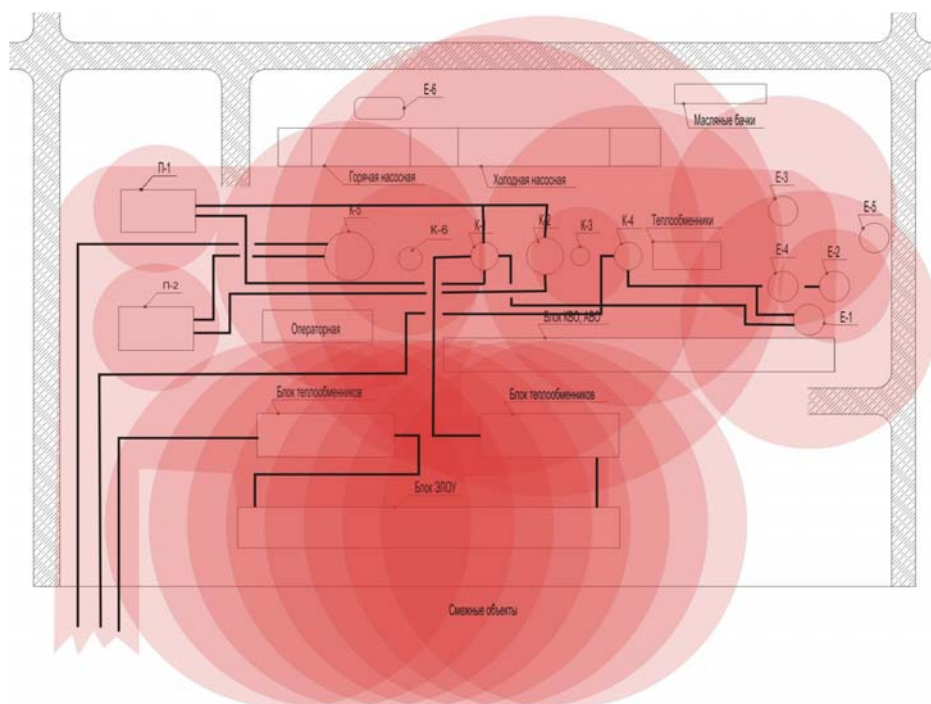


Рисунок 7. Расположение оборудования установки ЭЛОУ-АВТ

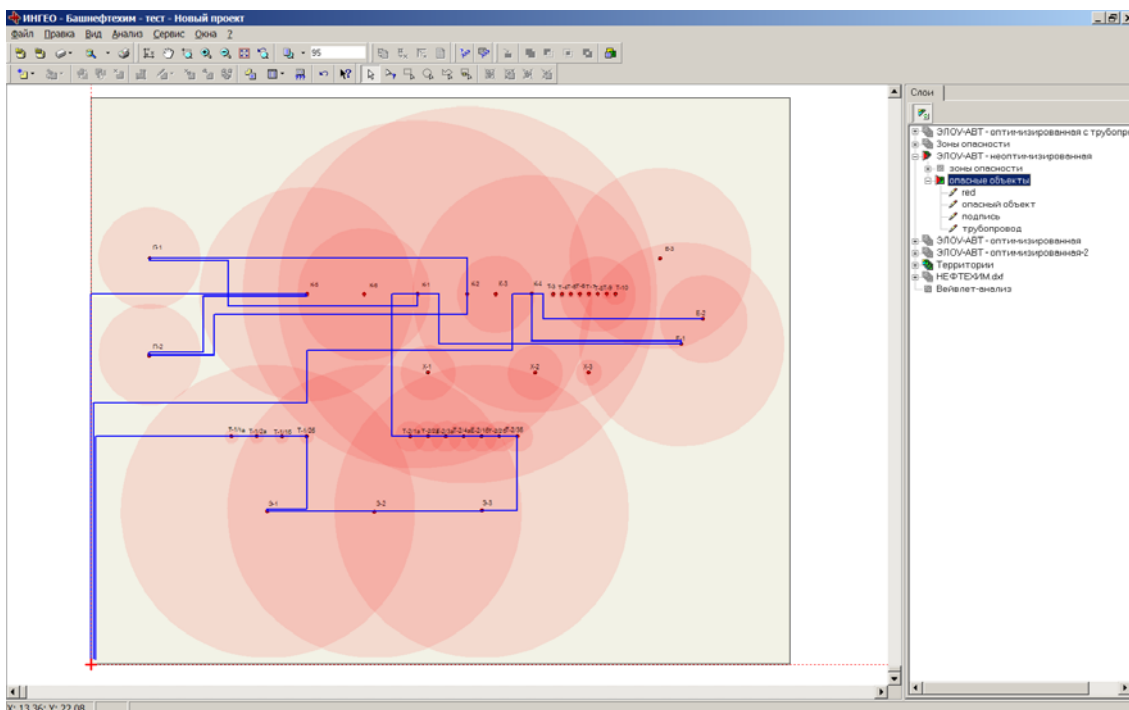


Рисунок 8. Расположение зон полных разрушений оборудования установки ЭЛОУ-АВТ на электронной карте ГИС «ИнГЕО» (М1:95)

Анализ этих зон при помощи подсистемы ГИС «ИнГЕО» вейвлет-анализа показывает, что территория установки практически представляет собой одну очень большую область потенциальной опасности (рис. 9) – выделены наиболее насыщенными градациями цвета. Это означает, что такое расположение элементов установки не является безопасным для ее функционирования

На основе рассмотренного выше алгоритма была проведена оптимизация безопасного расположения оборудования установки, а также произведена соответствующая расстановка оборудования рассматриваемой установки на электронной карте (рис.10).

Вейвлет-анализ зон опасностей оптимизированного расположения оборудования показал (рис. 11), что в этом случае число критических областей стремится к минимуму, то есть повышается уровень безопасности установки. Кроме того, на территории установки возможно оптимальное расположение операторной, то есть строения, в котором могут находиться люди.

При такой оптимизации, линейные размеры самой установки практически не возросли.

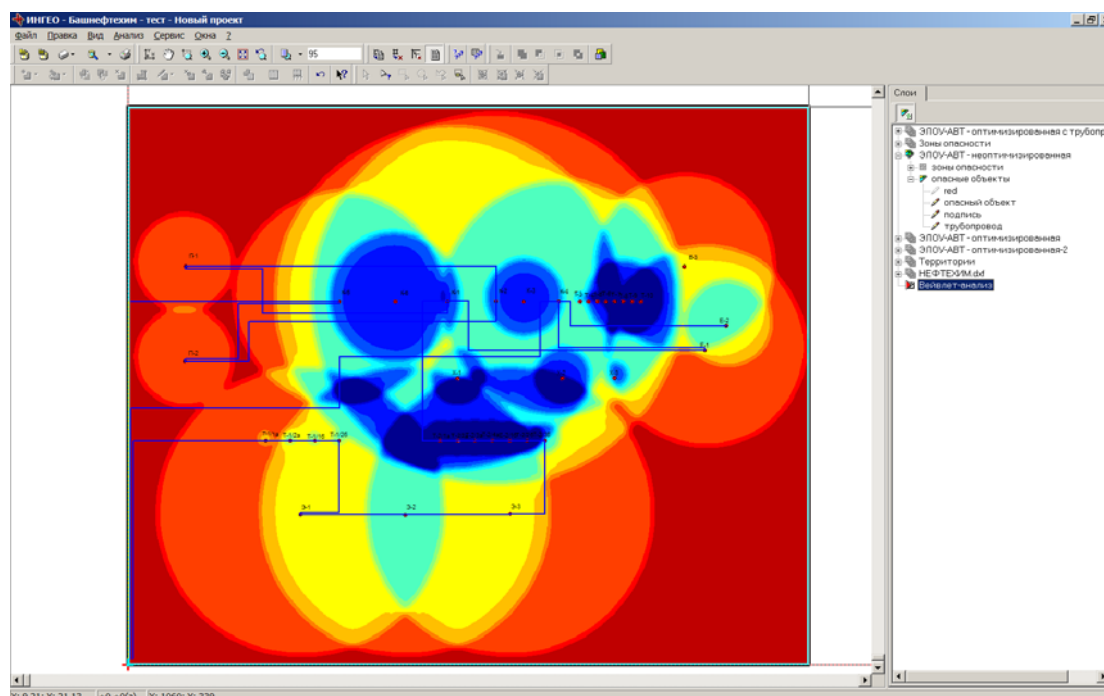


Рисунок 9. Критические области потенциальной опасности при типовом расположении оборудования установки ЭЛОУ-АВТ (М1:95)

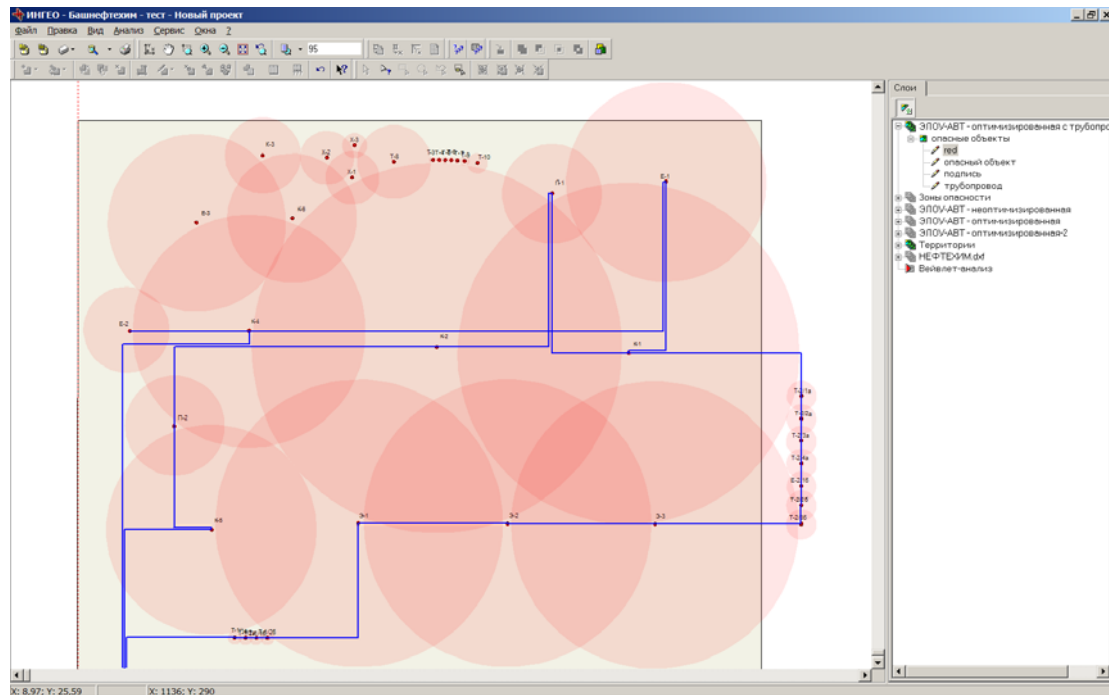


Рисунок 10. Оптимизированное расположение оборудования (с зонами полных разрушений) установки ЭЛОУ-АВТ на электронной карте ГИС «ИнГЕО» (М1:95)

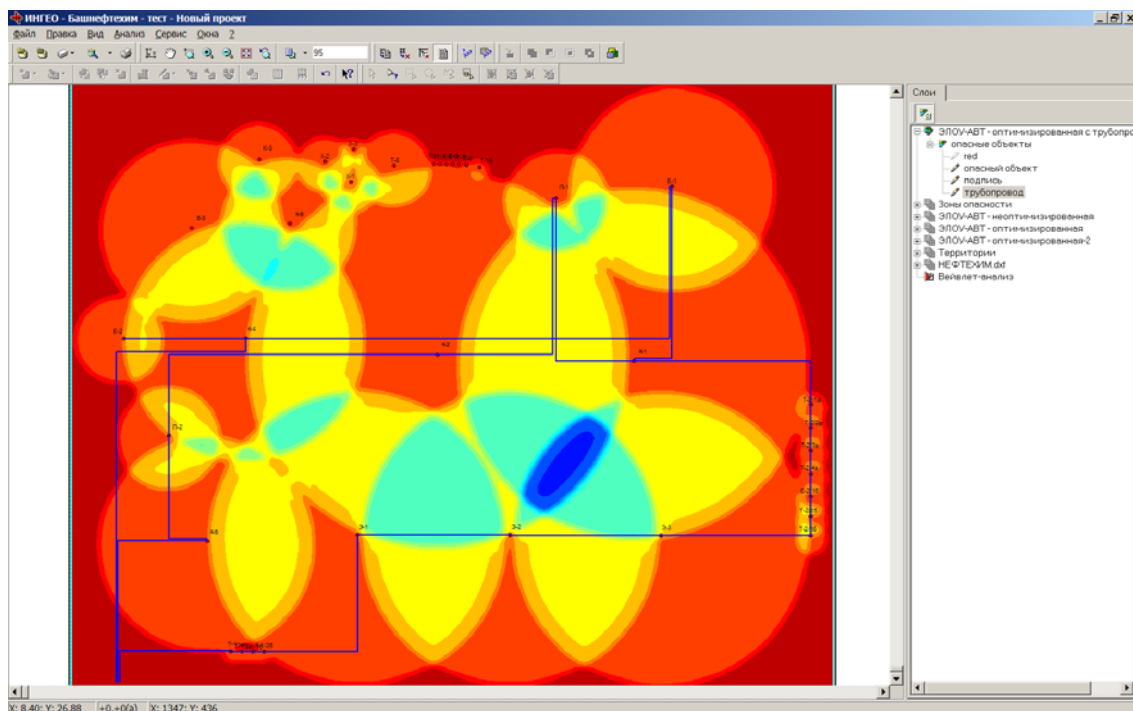


Рисунок 11. Критические области потенциальной опасности при оптимизированном расположении оборудования установки ЭЛОУ-АВТ (М1:95)

### Заключение

Применение геоинформационных технологий и вейвлет-анализа даёт мощный инструмент для оперативного и сравнительно быстрого анализа степени опасности технологической установки в целом. В связи с этим, приведённые в работе алгоритмы вейвлет-анализа и оптимизации безопасного расположения оборудования технологических установок ОПО могут использоваться при проектировании и реконструкции технологических установок предприятий нефтегазовой отрасли.

### Литература

1. Идрисов В.Р., Тляшева Р.Р. Применение геоинформационных систем в целях повышения безопасности эксплуатации технологических установок предприятий нефтепереработки. Нефтегазопереработка и нефтехимия - 2005. Международная научно-практическая конференция: Материалы конференции - Уфа: Изд-во ГУП ИНХП РБ, 2005. - С.281-282.

2. Идрисов В.Р., Вахапова Г.М., Чиркова А.Г. Модуль расширения к геоинформационной системе «ИнГЕО»: «Анализ зон разрушения опасных производственных объектов». Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002611204. - Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топология интегральных микросхем». - М.: ФИПС, 2002, - №14(41).

3. <http://www.integro.ru> .

4. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. ВУС, 1999, 204 с.