Вычислительные эксперименты по имитации управления выбросами загрязнителей крупного промузла с привлечением данных космических наблюдений

Б.М.Балтер, Д.Б.Балтер, В.В.Егоров, М.В.Стальная (ИКИ)

Приведены результаты моделирования управления выбросами предприятий нефтеперерабатывающего комплекса с целью снижения воздействия выбросов загрязняющих веществ на здоровье людей, проживающих в окрестности комплекса.

Проблема вызвана тем, что по мере наращивания производства уже никакая санитарно-защитная зона не защищает население от загрязнения.

Вычислительные эксперименты проведены с помощью программного комплекса EHIPS, в который встроена модель рассеяния AERMOD.

Особенность программного комплекса EHIPS

- Модель рассеяния AERMOD моделирует загрязнение не для усредненных, а для конкретных метеоусловий, имеющих место на каждый час за расчетный период.
- Учитывается весь доступный набор текущих метеопараметров, данных радиозонда, а также некоторые данные космических наблюдений: устойчивость атмосферы, высота инверсного слоя, шероховатость поверхности, альбедо, параметр Боуэна и т.д.
- Учет импульсного характера источников выбросов проводится с помощью метода Монте-Карло.
- В EHIPS территория рассматриваемого предприятия вместе с прилегающими территориями, в том числе и жилыми, покрывается сеткой, обычно состоящей из клеток размером примерно 300 х 300 м.

- Количество клеток для больших предприятий может достигать 1000. При этом расчетные значения концентраций относятся к середине каждой клетки.

Идея управления выбросом

- На основе модели и данных космических наблюдений для выбранной клетки рассчитывается ожидаемая концентрация загрязнителя $C(t)$, которая сравнивается со средней концентрацией в этой клетке.
- Выброс $M(t)$ адаптируется, т.е. когда метеоусловия неблагоприятные он снижается, а когда благоприятные – выброс можно сделать больше.
- Главный параметр управления – коэффициент усиления управления K. Этот коэффициент характеризует силу обратной связи, насколько уменьшается выброс, когда ожидаются неблагоприятные концентрации. С ним величина выброса рассчитывается по формуле:

$$M(t) = M_0 + M_0 \cdot K \cdot \left(1 - \frac{C(t)}{C_{cp}}\right)$$

где $M(t)$ –совокупный выброс в момент t, г/сек, M_0 – совокупный выброс без управления, г/сек, $C(t)$ и $C_{ср}$ – ожидаемая и средняя концентрации загрязнителя, мг/м^3, K – коэффициент усиления управления (обратной связи).

В экспериментах задавались два значения K: 0,2 и 0,5. Расчеты показывают, что это достаточно эффективный способ.

Варианты управления выбросами

- Вариант 1.

Производится управление концентрациями в **одной, наиболее критичной точке** с коэффициентами усиления 0,2 и 0,5. При этом **управление синхронно для всех источников выбросов**.

- Вариант 2.

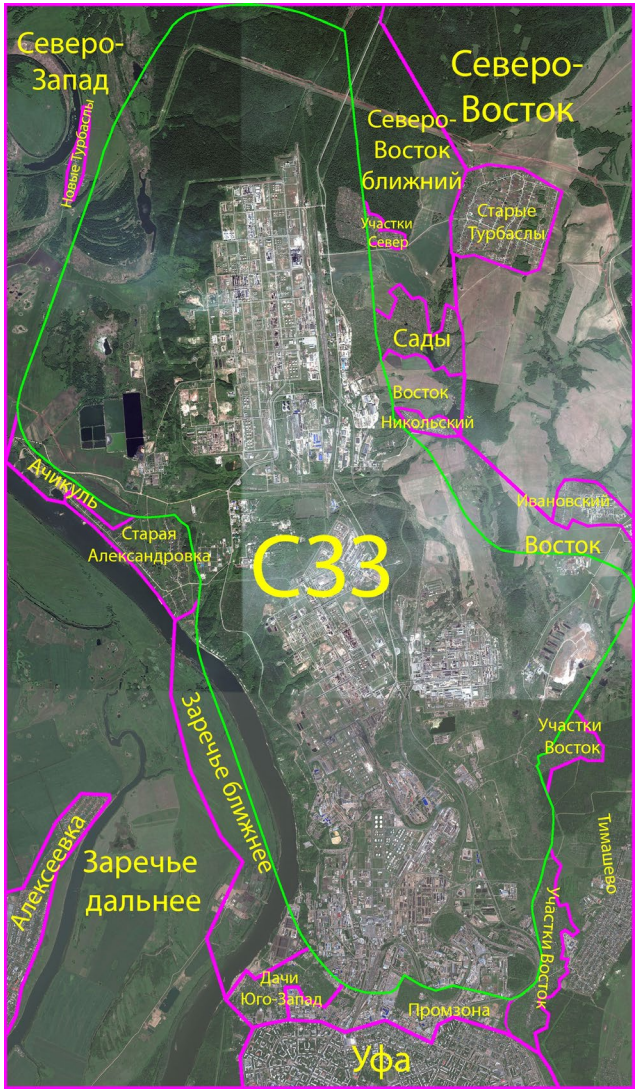
Производится управление, в котором для **каждой клетки** ищется оптимум и **управление синхронно для всех источников выбросов.**

- Вариант 3.

Здесь **выделялись наиболее опасные источники**, в которых и производилось управление выбросом с большим коэффициентом управления для **критичной клетки**.

Нефтеперерабатывающий комплекс в севере от Уфы

- Территория разбита на несколько однородных «районов», причем так, чтобы в каждый попало, по крайней мере, несколько расчетных клеток: поселки Ачикуль, **Старая Александровка** и другие «районы», выделенные под условными названиями.
- Концентрации, вычисленные в клетках, входящих в эти районы, усредняются и дают характеристики воздействия выбросов и риски для здоровья в этих «районах».
- В качестве загрязняющего вещества были выбраны предельные углеводороды C_1-C_{19}, оказывающие существенное влияние на центральную нервную систему.



Временные ряды концентраций C_1-C_{19} за 5 суток, (0-18 мг/м^3)

Без управления и с разными вариантами управления ***совокупным*** выбросом M(t)

$M(t)=M_0+M_0K(1 - C(t)/Ccp.)$

M(t) – совокупный выброс в момент t, г/сек

C(t) – концентрация, мг/м^3

K – коэффициент усиления управления

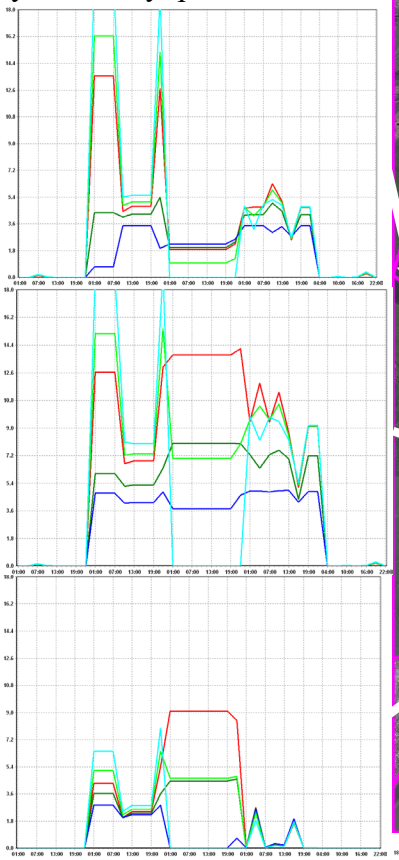
Без управления

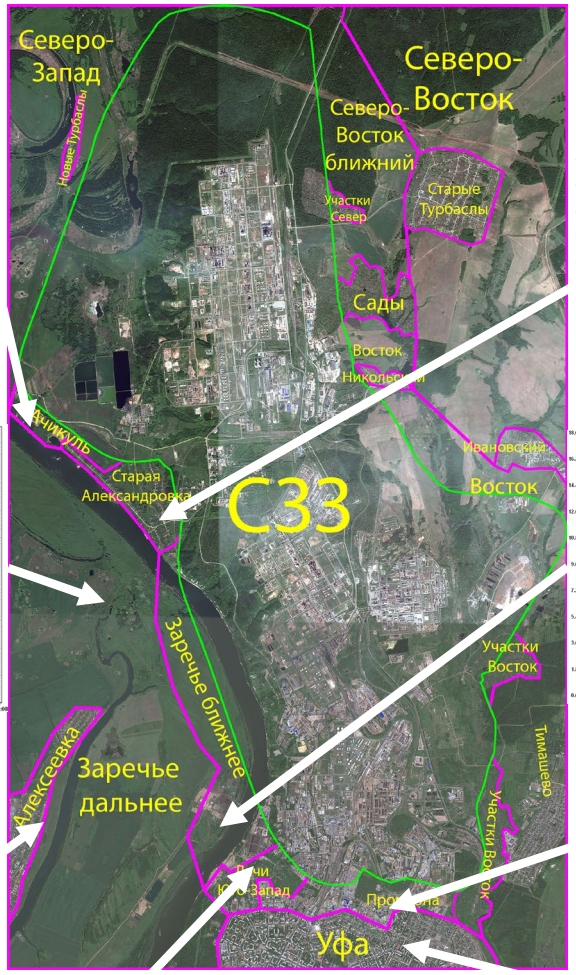
Управление по каждой клетке, К=0.2

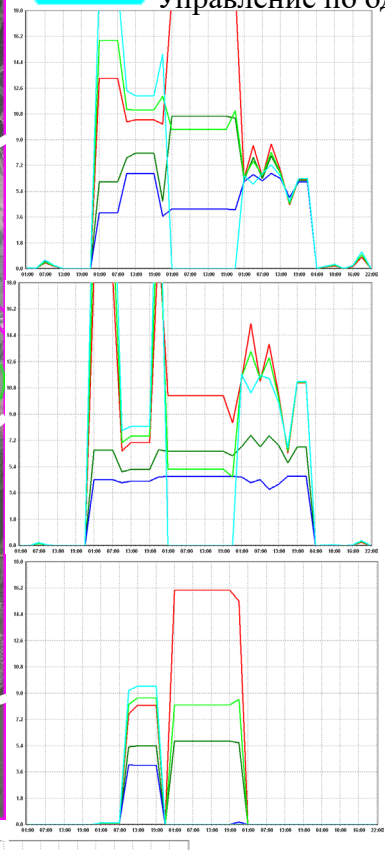
Управление по каждой клетке, К=0.5

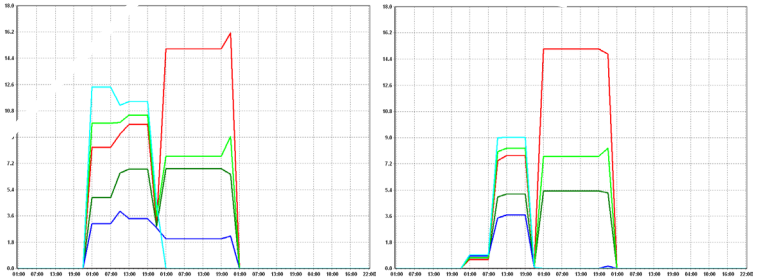
Управление по одной клетке 559, К=0.2

Управление по одной клетке 559, К=0.5









Клетка 559 относится к примыкающему е СЗЗ населенному пункту Старая Александровка

При любом K полный выброс за период управления – тот же, что без управления. Это – типичное технологическое ограничение. Можем управлять только графиком выбросов.

Временные ряды показывают, что за счет управления в наихудших ситуациях концентрации уменьшаются значительно.

Картографический способ представления информации о пространственном распределении концентраций в EHIPS

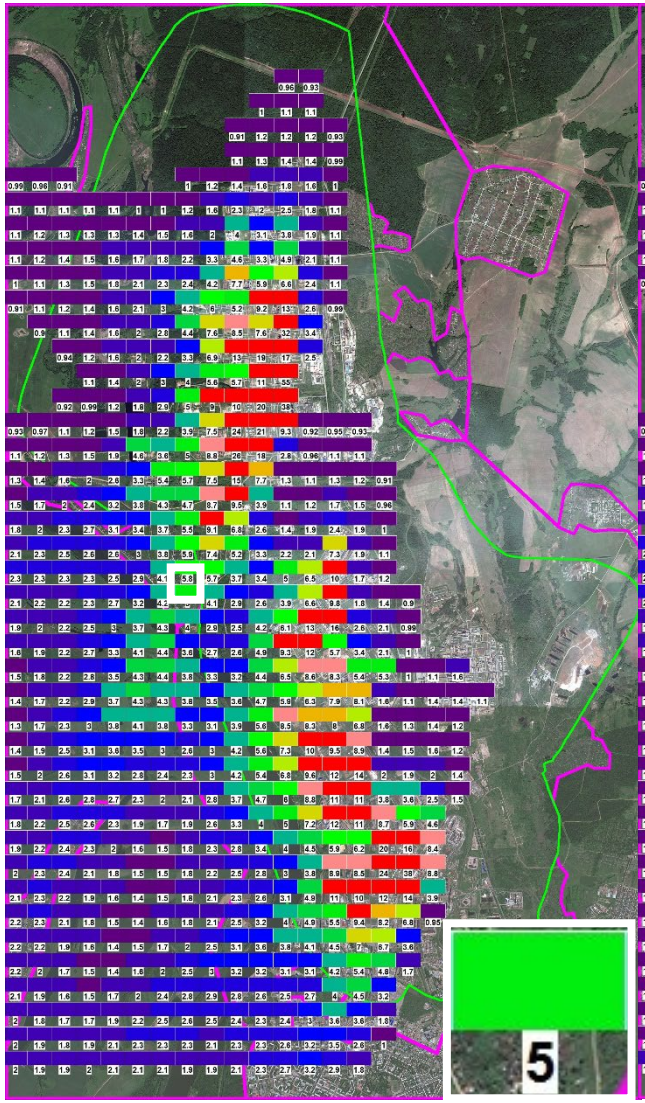
- В EHIPS используются два основных способа представления информации – табличный и **картографический**.
- При картографическом способе результаты расчетов индицируются как вписанным в клетку текстом, так и цветовым кодом.
- Превышения порога, установленного как максимум, отображаются красным цветом, а значения, меньшие, чем 0,1 этого порога, вообще не отображаются.
- Промежуточные значения отображаются желтым, зеленым, синим, фиолетовым цветом.

- Рассмотрим результаты при различных вариантах управления.

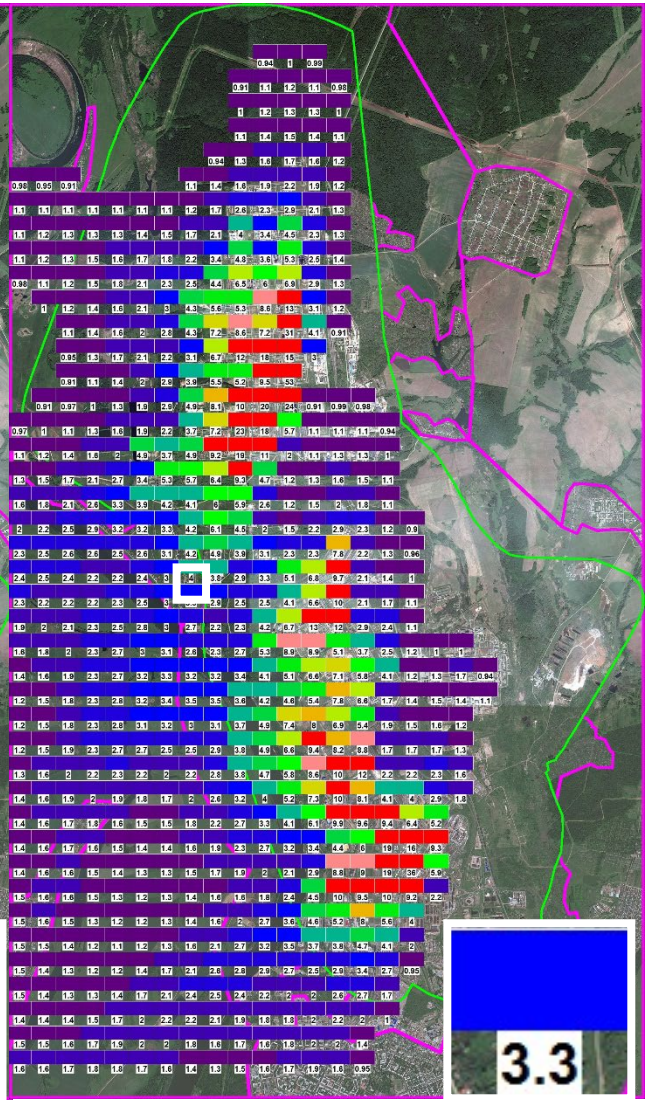
Средняя концентрация C_1-C_{19} за 5 суток по выбросам в г/с

Управление ***совокупным*** выбросом по концентрациям в клетке 559 (белый квадрат)

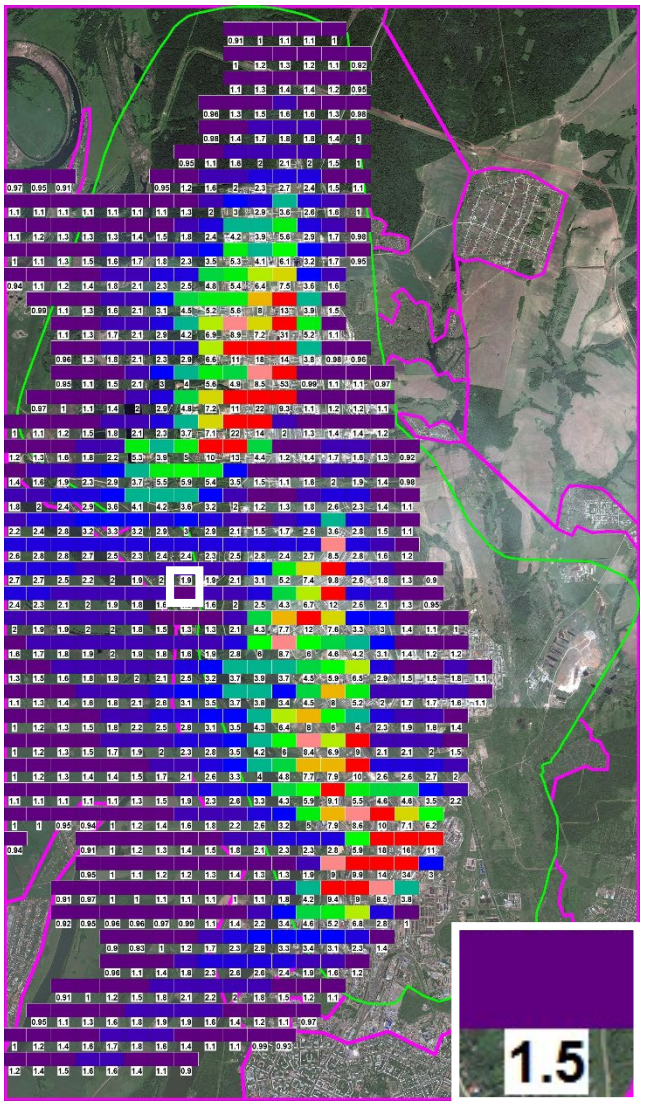
Без управления



Коэффициент управления 0.2



Коэффициент управления 0.5



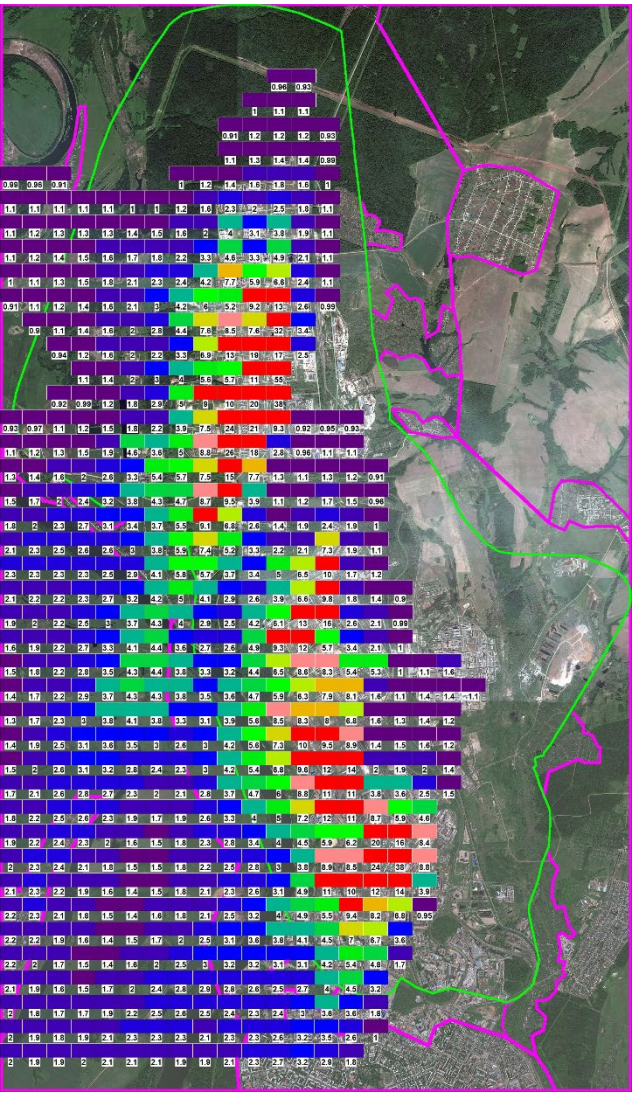
Видно, что для выделенной точки 559 концентрация уменьшается, а в других точках управление, ориентированное на одну точку, ничего не дает.

Средняя концентрация C_1-C_{19} за 5 суток по выбросам в г/с

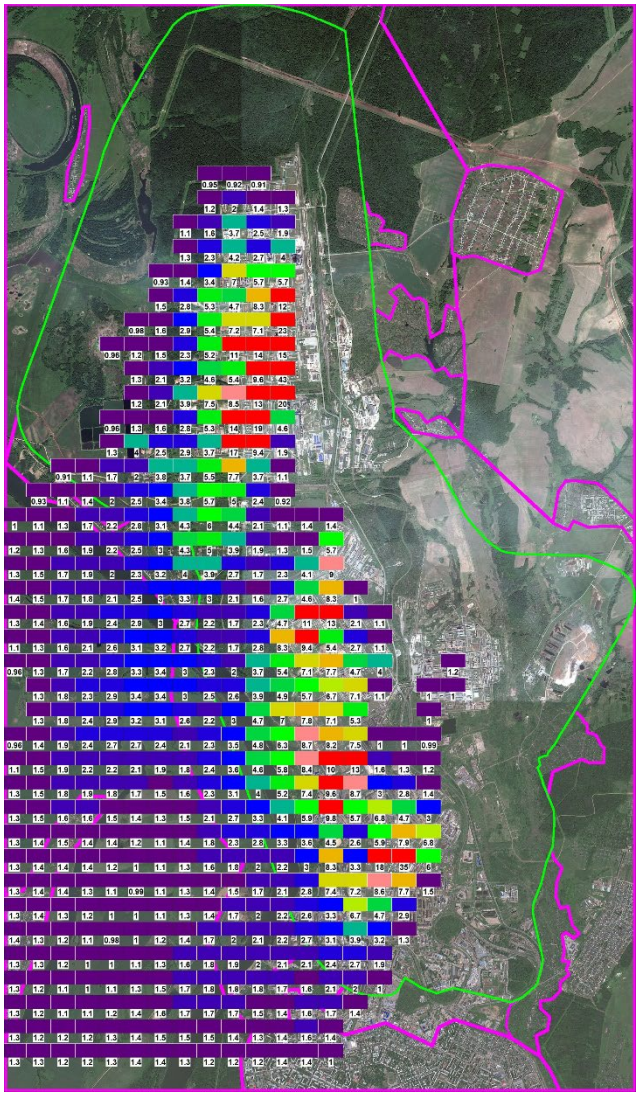
Управление ***совокупным*** выбросом по концентрациям в ***каждой*** клетке

Показывает потенциал управления, если за индикатор брать разные клетки

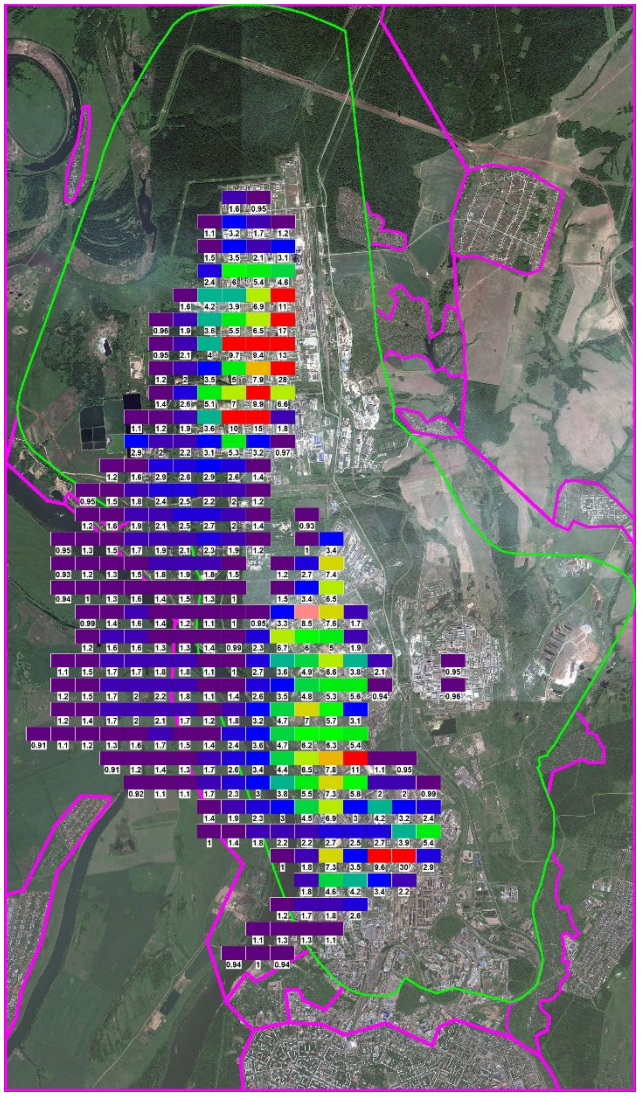
Без управления



Коэффициент управления 0.2



Коэффициент управления 0.5



Видно, что в целом потенциал уменьшения концентраций более заметен.

Модель управления выбросом каждого источника

Источниками, которые более опасны, нужно управлять с большими коэффициентами управления, а менее опасными можно не управлять.

В этом случае величина выброса для каждого источника рассчитывается по формуле:

$$M_i(t) = M_{i_0} + M_{i_0} \cdot K \cdot \left(1 - \frac{C_i(t)}{C_{icp}}\right)$$

где $M_i(t)$ – выброс источника i в момент t, г/сек ,

M_{i_0} – выброс источника i без управления, г/сек,

$C_i(t)$ – ожидаемая концентрация загрязнения от источника i, мг/м^3, которая сравнивается с

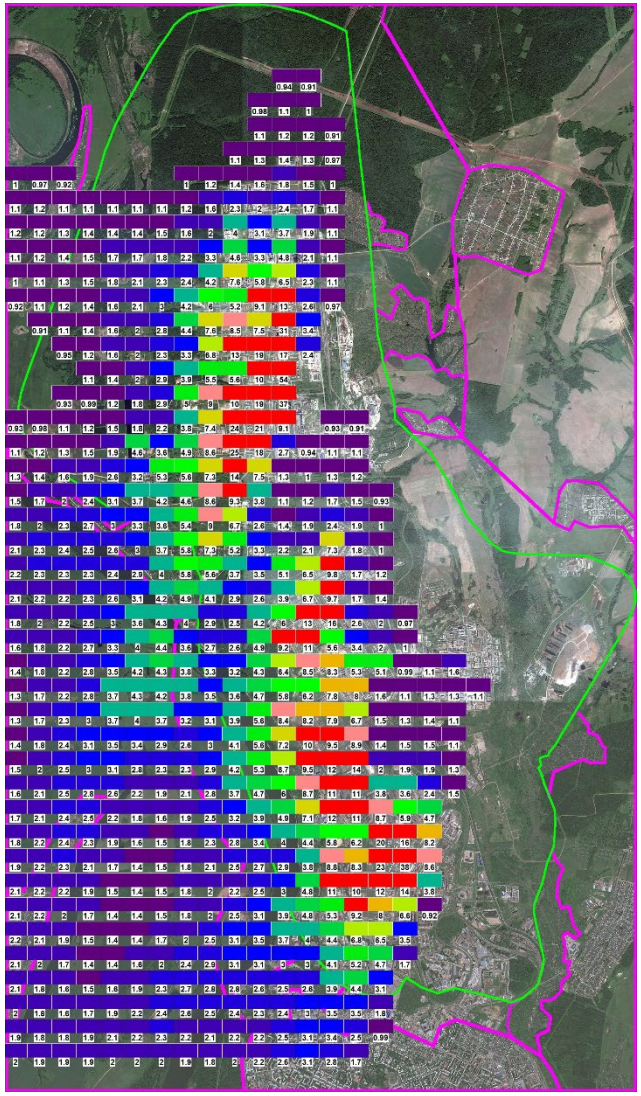
C_{icp} – средней концентрацией загрязнения от источника i в некотором месте,

K – коэффициент усиления управления.

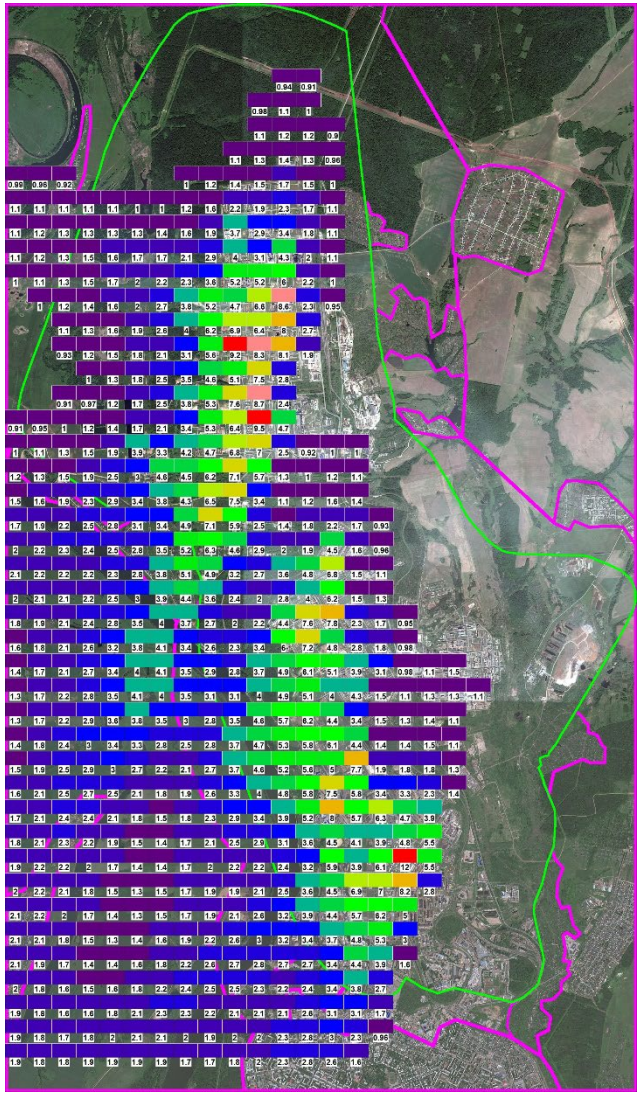
Средняя концентрация C_1-C_{19} за 5 суток по выбросам в г/с

Индивидуальное управление выбросами каждого источника и по модели управления концентрациями в одной, наиболее критичной клетке 559.

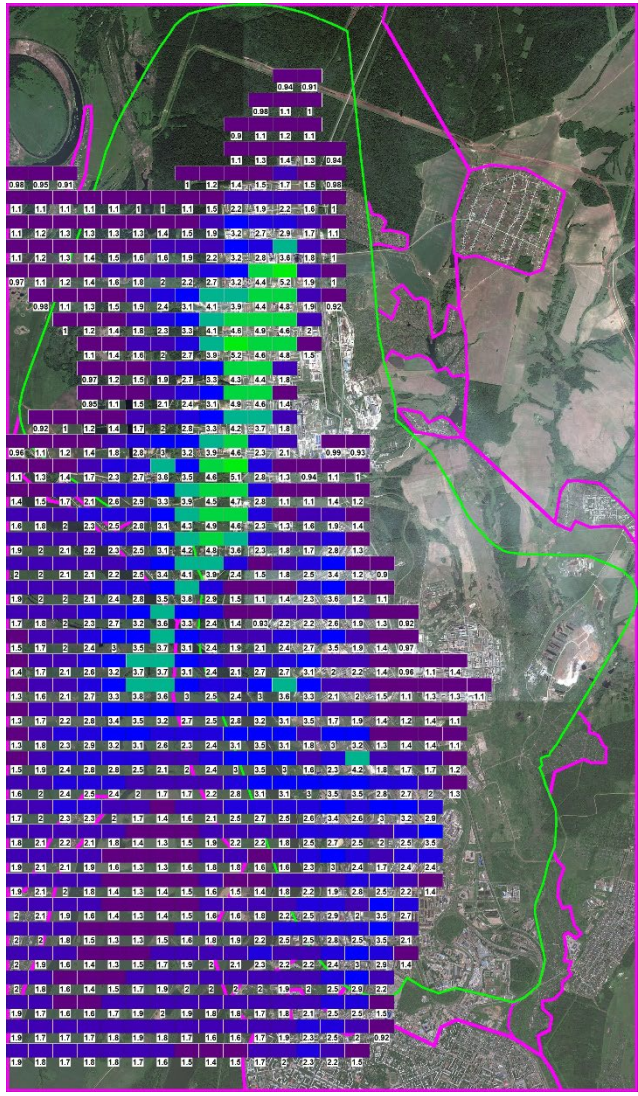
Без управления



Коэффициент управления 0.2



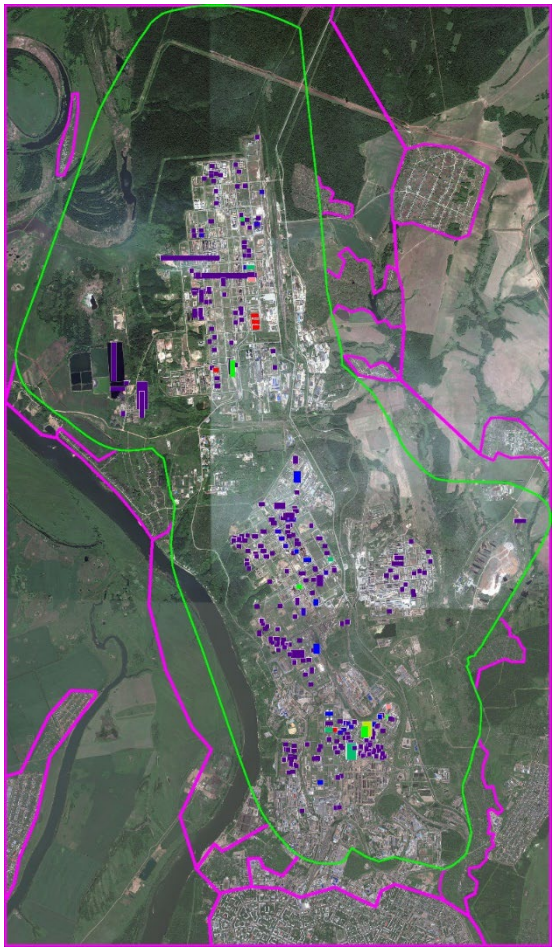
Коэффициент управления 0.5



Эффект управления источниками индивидуально больше, чем управления совокупным выбросом

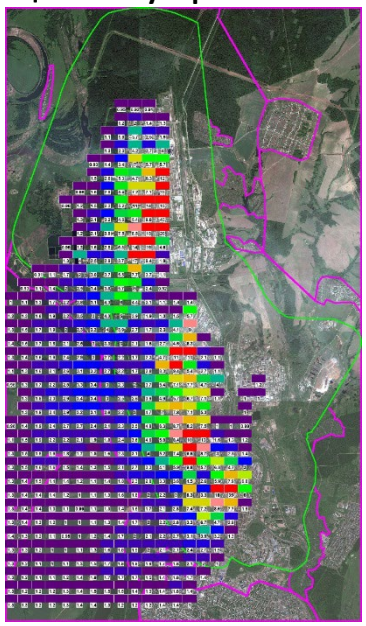
Средняя концентрация C_1-C_{19} за 5 суток по выбросам в г/с

Расположение источников выбросов



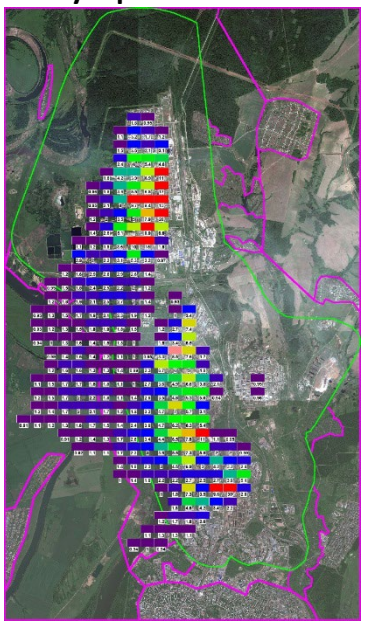
Цвет указывает мощность выброса углеводородов.
Источники с самым мощным выбросов обозначены красным цветом (300 г/с), с меньшими – желтым и т.д.

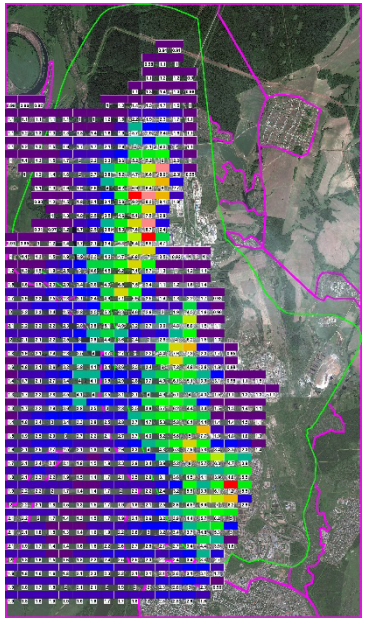
Коэффициент управления 0.2



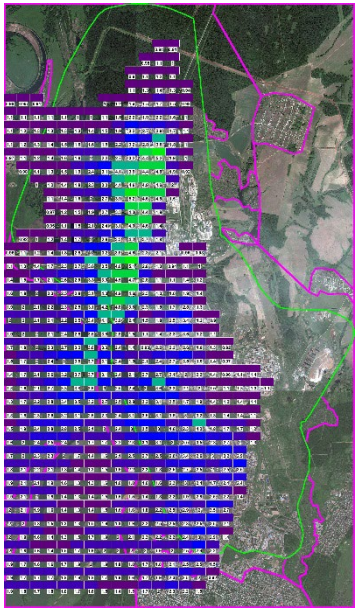
Управление совокупным выбросом по концентрациям в каждой клетке как индикаторе C(t)

Коэффициент управления 0.5





Управление выбросом каждого источника индивидуально по концентрациям в клетке 559 как индикаторе C(t)



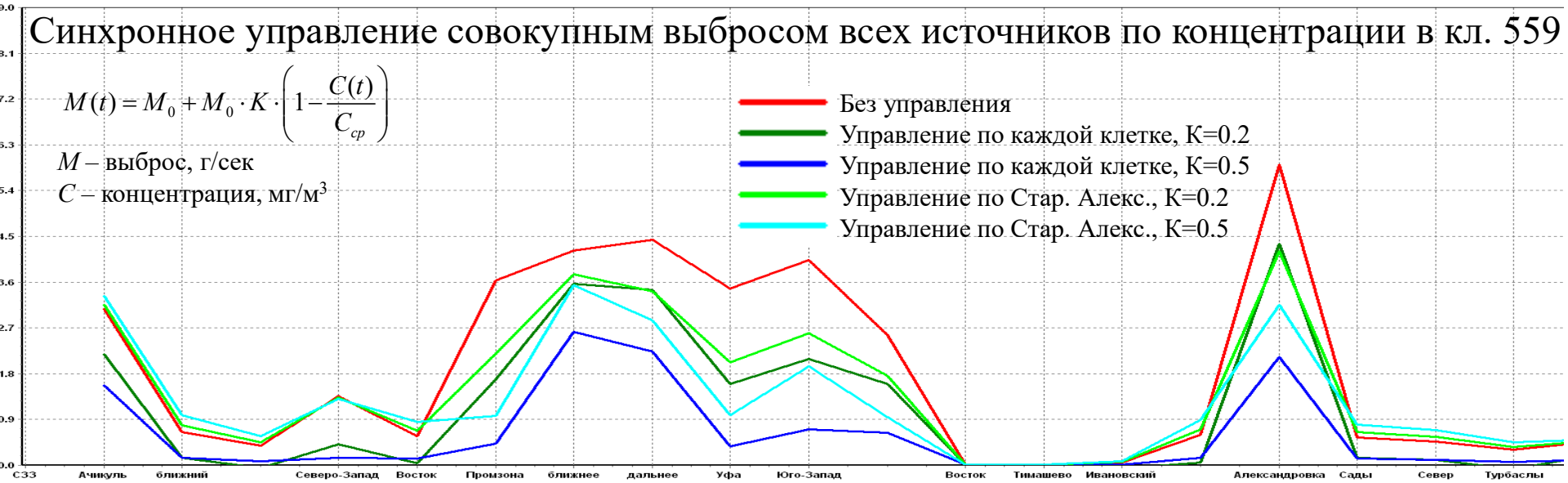
Средние концентрации по районам, 0-9 мг/м3, в разных вариантах управления

Синхронное управление совокупным выбросом всех источников по концентрации в кл. 559

$$M(t) = M_0 + M_0 \cdot K \cdot \left(1 - \frac{C(t)}{C_{cp}}\right)$$

M – выброс, г/сек

C – концентрация, мг/м^3



Раздельное управление выбросом каждого источника по создаваемой им концентрации в клетке 559. Индивидуально или относительно к концентрации от всех источников

$$M_i(t) = M_{i_0} + M_{i_0} \cdot K \cdot \left(1 - \frac{C_i(t)}{C_{icp}}\right)$$ – модель индивидуального управления

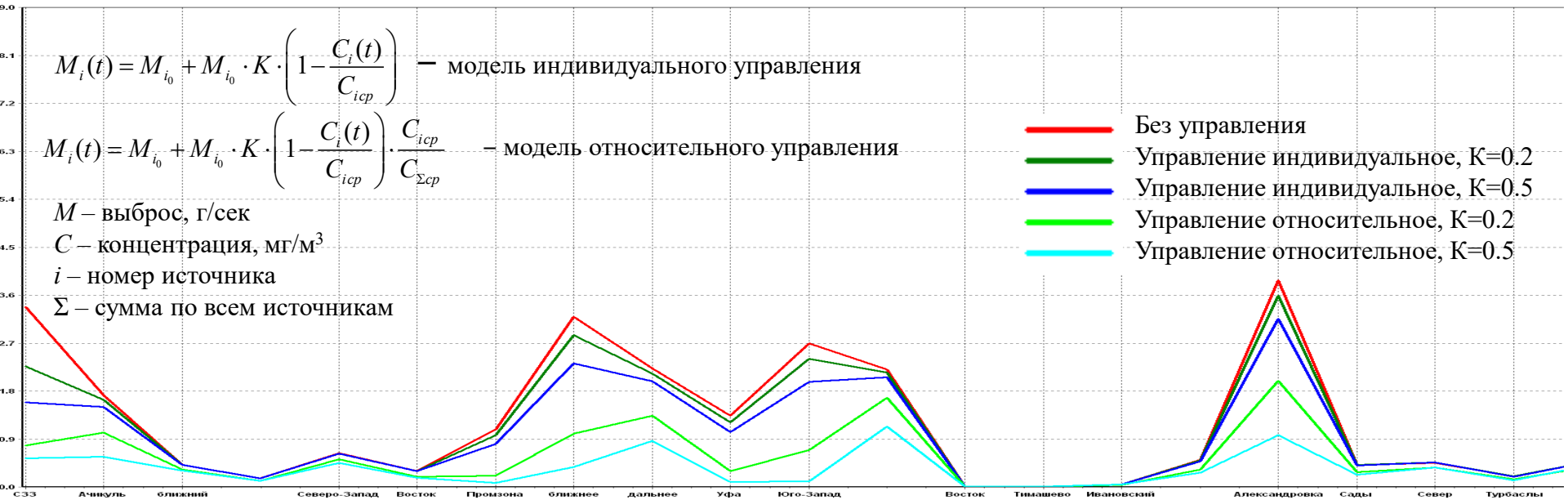
$$M_i(t) = M_{i_0} + M_{i_0} \cdot K \cdot \left(1 - \frac{C_i(t)}{C_{icp}}\right) \cdot \frac{C_{icp}}{C_{\Sigma cp}}$$ – модель относительного управления

M – выброс, г/сек

C – концентрация, мг/м^3

i – номер источника

Σ – сумма по всем источникам



Заключение

Проведенные вычислительные эксперименты показывают, что управление импульсными выбросами может быть достаточно эффективным способом снижения пиковых рисков для здоровья на территориях, примыкающих к НПЗ.

При этом эффект при индивидуальном управлении выбросом для каждого источника больший, чем при управлении совокупным выбросом.