

# Оценка влияния ошибок в оценке параметров поверхности на прогнозируемые концентрации в модели рассеяния AERMOD.

Егоров В.В., Балтер Д.Б., Стальная М.В.

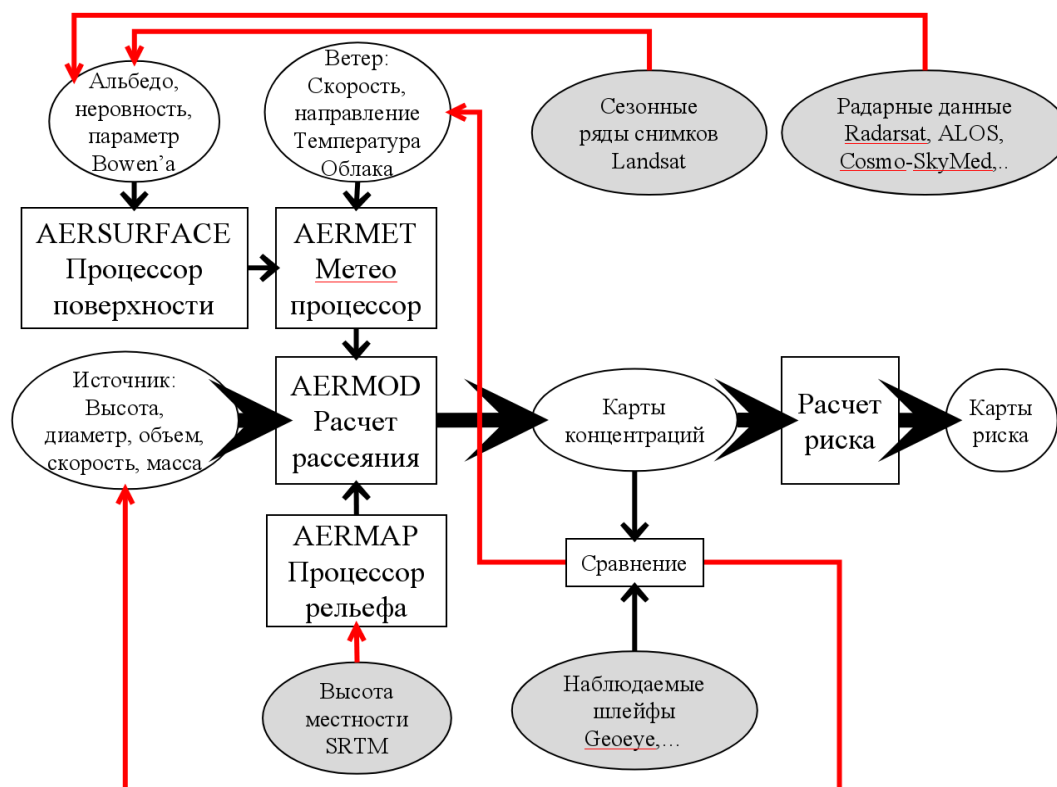
В наших работах по оценке риска для здоровья населению от ингаляционного воздействия индустриального загрязнения воздуха, основным этапом является моделирование рассеяния и расчет концентраций по заданной расчетной сетке точек с помощью модели AERMOD.

Для работы этой модели необходимо ей предоставить набор разнообразных данных, таких как:

- Метеорология за период (год): скорость и направление ветра, температура, облачность;
- Данные метеорологического радиозонда за период;
- Данные о высотах местности;
- Данные о подстилающей поверхности: альbedo, связанный с влажностью коэффициент Боуэна, средняя мелкомасштабная неровность, определяющая механическую компоненту атмосферной турбулентности;
- Данные об источниках: высота, диаметр, температура выброса, объем выброса, скорость выброса, масса выброса.

Эти данные обрабатываются специализированными процессорами для формирования основного входного пакета данных AERMOD: AERSURFACE, AERMET и AERMAP.

## Логика расчета риска



Мы рассмотрим данные о подстилающей поверхности или микрорельефа. Эти данные о характеристиках местности, в сущности, представляют собой компоненту метеоданных, т.к. используются единственно процессором AERMET.

AERMOD требует информации о характеристиках поверхности Земли: альbedo и связанном с влажностью параметре Bowen'a, которые влияют на тепловой режим атмосферы над местностью, а также средней мелкомасштабной неровности поверхности, которая определяет механическую компоненту атмосферной турбулентности. Все эти параметры определяются для территории расчетной сетки и ее окружения. В простейшем случае можно взять стандартные справочные значения этих параметров, допустим, для плотно застроенной городской территории, в виде одного числа для всей территории, не зависящего от сезона. При более тщательном подходе можно учесть стандартную справочную информацию о сезонной зависимости этих параметров. Однако наиболее тщательный, рекомендуемый EPA подход требует задания специальной дополнительной географической информации для определения этих параметров. Эта информация представляет собой географически привязанную карту категорий типов земной поверхности: лес, вода, плотная застройка и т.п. Каждая такая т. н. категория землепользования (всего их 21) кодируется целым числом по заранее заданной схеме из классификатора USGS NLCD92. Специальный предварительный процессор AERSURFACE определяет по этой карте искомые характеристики поверхности в разбивке по сезонам и по секторам вокруг метеостанции. Это делается на основе стандартных справочных значений этих параметров для каждой категории с применением определенного правила взвешивания по площади, занятой каждой категорией, и ее расстоянию до метеостанции.

Характеристики микрорельефа определяются только в зависимости от азимута относительно метеостанции, и далее их азимутальная зависимость учитывается соответственно направлению ветра на каждый момент расчета. Таким образом, в каждый момент времени (т.е. при фиксированном направлении ветра) вся территория для целей расчета рассеяния рассматривается как имеющая единый микрорельеф.

**Таблица 1 Классификация типов землепользования по USGS NLCD92. Некоторые классы – в зависимости от того, в окрестности а/п или нет и в зависимости от климата (сухой/влажный)**

№	Тип	Описание
11	Вода	25% или более открытой водной поверхности
12	Вечный снег и лед	
21	Неплотное жилье	20-70% растительности, отдельные небольшие дома
22	Плотное жилье	Менее 20% растительности, многоквартирные дома, кварталы
23	Коммерция / Промышленность / Транспорт (с а/п или без)	Все освоенные территории с малым % растительности, не классифицированные как плотное жилье
31	Скалы/песок/глина (сухой/влажный)	Минеральная поверхность, почти без растительности
32	Карьер/щебень	Горные разработки открытым способом
33	Переходный	Менее 25% растительности, переход от одной категории к другой
41	Лиственный лес	Более 75% сезонно сбрасывают листву
42	Вечнозеленый лес	Более 75% постоянно покрыты листвой
43	Смешанный лес	Менее 75% лиственных и вечнозеленых пород
51	Кустарник (сухой/влажный)	Менее 25% деревьев, доминирует кустарник над травой

61	Огород/виноградник и т.д.	
71	Луг/травяной покров	Разнотравье, менее 25% деревьев, спорадический выпас
81	Пастбище/сенокос	Постоянное пастбище или посев технических культур
82	Посевы (рядовая структура)	Соя, табак, хлопок, овощи, кукуруза и т.п.
83	Хлебные злаки	Пшеница, ячмень, овес, рис и т.п.
84	Пар/целина	Обработанная, но не засеянная
85	Городские лужайки/ зоны отдыха	Парки, лужайки, промышленные и экологические защитные зоны
91	Лесистые болота	Более 25% деревьев и кустарников, периодическое подтопление
92	Травянистые болота	Более 75% травы, периодическое подтопление

**Таблица 2 Параметры классов землепользования в зависимости от сезона.**

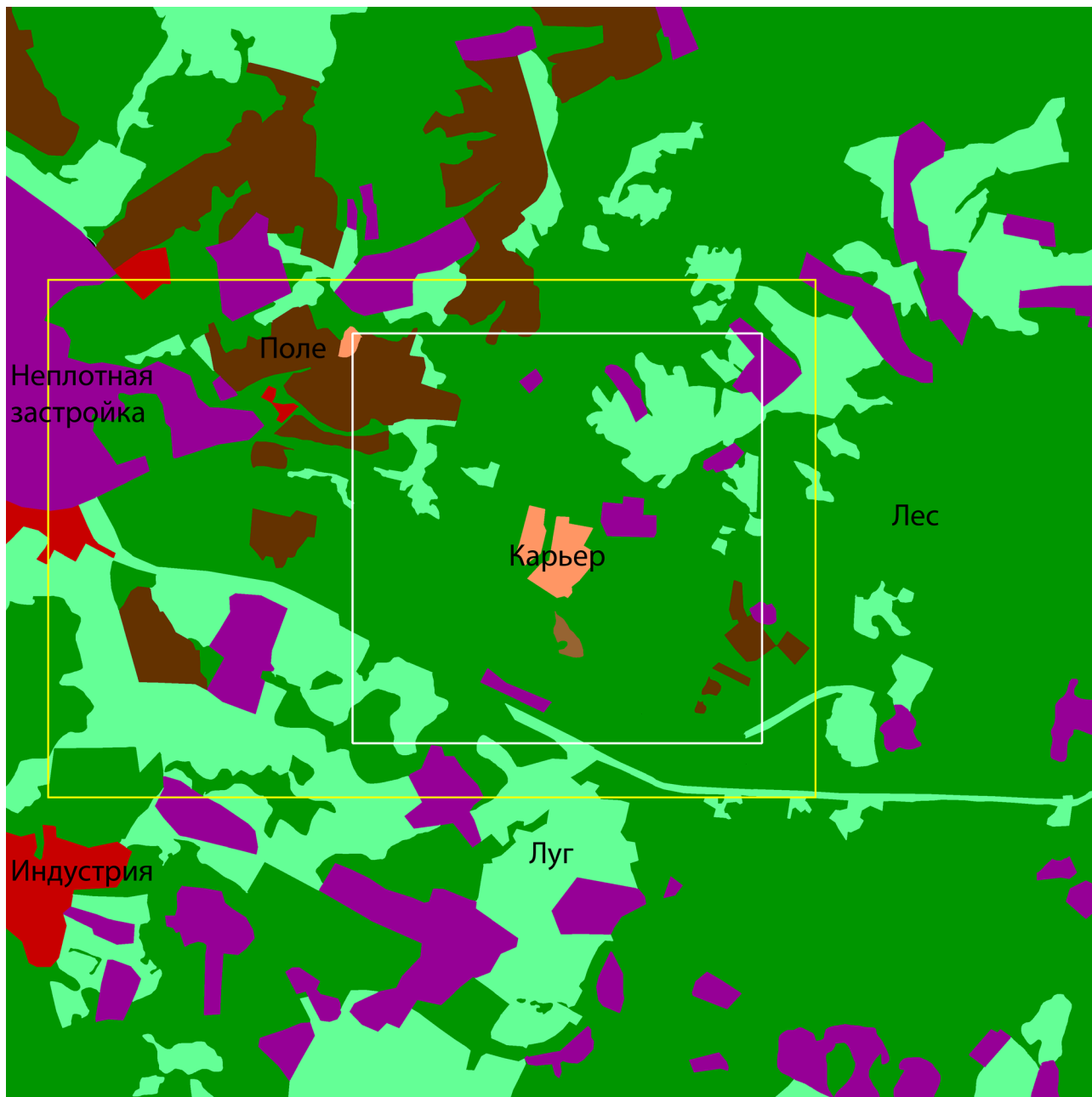
Класс	Неровность, м					Отношение Bowen'a					Альbedo				
	Лето	Осень до жатвы	Поздняя осень	Зима	Весна	Лето	Осень до жатвы	Поздняя осень	Зима	Весна	Лето	Осень до жатвы	Поздняя осень	Зима	Весна
<b>11</b>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>12</b>	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6
<b>21</b>	0.54	0.54	0.50	0.50	0.52	0.8	1	1	0.5	0.8	0.16	0.16	0.18	0.45	0.16
<b>22</b>	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.18	0.18	0.18	0.35	0.18
<b>23 а/п</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.18	0.18	0.18	0.35	0.18
<b>23 не а/п</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.18	0.18	0.18	0.35	0.18
<b>31 сух</b>	0.05	0.05	0.05	-	0.05	4	6	6	-	3	0.2	0.2	0.2	-	0.2
<b>31 влаж</b>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2
<b>32</b>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2
<b>33</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	1	1	0.5	1	0.18	0.18	0.18	0.45	0.18
<b>41</b>	1.3	1.3	0.6	0.5	1	0.3	1	1	0.5	0.7	0.16	0.16	0.17	0.5	0.16
<b>42</b>	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.3	0.8	0.8	0.5	0.7	0.12	0.12	0.12	0.35	0.12
<b>43</b>	1.3	1.3	0.95	0.9	1.15	0.3	0.9	0.9	0.5	0.7	0.14	0.14	0.14	0.42	0.14
<b>51 сух</b>	0.15	0.15	0.15	-	0.15	4	6	6	-	3	0.25	0.25	0.25	-	0.25
<b>51 влаж</b>	0.3	0.3	0.3	0.15	0.3	1	1.5	1.5	0.5	1	0.18	0.18	0.18	0.5	0.18
<b>61</b>	0.3	0.3	0.1	0.05	0.2	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.18	0.18	0.18	0.5	0.14
<b>71</b>	0.1	0.1	0.01	0.005	0.05	0.8	1	1	0.5	0.4	0.18	0.18	0.2	0.6	0.18
<b>81</b>	0.15	0.15	0.02	0.01	0.03	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2	0.18	0.6	0.14
<b>82</b>	0.2	0.2	0.02	0.01	0.03	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2	0.18	0.6	0.14
<b>83</b>	0.15	0.15	0.02	0.01	0.03	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2	0.18	0.6	0.14
<b>84</b>	0.05	0.05	0.02	0.01	0.02	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.18	0.18	0.18	0.6	0.18
<b>85</b>	0.02	0.015	0.01	0.005	0.015	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.15	0.15	0.18	0.6	0.15
<b>91</b>	0.7	0.7	0.6	0.5	0.7	0.2	0.2	0.3	0.5	0.2	0.14	0.14	0.14	0.3	0.14
<b>92</b>	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.14	0.14	0.14	0.3	0.14

Пропорция разных категорий (а значит, и итоговые параметры земной поверхности) зависит от того, какой радиус вокруг метеостанции берется для расчета. Стандартное значение радиуса для альbedo и параметра Bowen'a - 5 км, а для неровности рекомендации ЕРА предусматривают значения радиуса от 1 до 3 км. В работах мы обычно выбираем радиус 2км.

Рекомендуемое AERSURFACE пространственное разрешение карт классов 30м. Альbedo и параметру Bowen'a присваивается среднее значение по всей пространственной области размером 10x10 км, окружающей центр расчетной зоны, а для неровности поверхности учитывается также пространственная изменчивость в виде зависимости от направления на центр расчетной зоны. Эта зависимость задается по секторам, которые имеют ширину по 30°, начиная с направления на север, по часовой стрелке. При генерации метеопараметров процессором эта зависимость учитывается при определении параметров

рассеяния выбросов соответственно направлению ветра. Наиболее важный из 3 параметров – неровность.

Важно отметить, что хотя для препроцессора AERSURFACE нужно задавать карту 10x10км, расчетная зона для работы основного блока AERMOD по расчету концентраций почти всегда меньше.



**Рисунок 1** Пример карты категорий для определения параметров поверхности. 10X10км. Неровность определяется в белом квадрате со стороной 4км. Желтый контур – область расчета концентраций.

В работах по оценке риска, мы вручную строим эти карты классов на основе космических снимков со спутника Landsat, а также космических фотоснимков высокого разрешения. Однако, в ряде работ при проведении этой классификации довольно легко спутать некоторые классы.

Цель данного исследования – оценить степень влияния некоторых ошибок в классификации поверхности на конечные максимальные разовые концентрации на основе данных реального предприятия.

В качестве моделируемых ошибок были выбраны следующие подмены классов:

- Смешанный лес → лиственный лес
- Смешанный лес → хвойный лес
- Смешанный лес → кустарник.

Концепция исследования заключалась в сравнении результатов расчетов со смешанным лесом и с его тремя подменами. Сравнение производилось посезонно. **Расчеты производились для максимальных разовых концентраций одного загрязнителя — NO<sub>2</sub>.** Помимо этого, работа состояла из двух частей: в первой, «реальной» части, бралась карта классов из полноценной работы по оценке риска на этом предприятии и в ней подмена производилась только для областей смешанного леса; во второй, «упрощенной» части, выбранный класс присваивался полностью всей территории.

### Итоги:

**Таблица 1** Сезонные максимумы отношений концентраций для «реального» варианта 1

	Замена смешанного леса на кустарник	Замена смешанного леса на вечнозеленый лес	Замена смешанного леса на лиственный лес
Лето	3.2	1.3	1.3
Осень до жатвы	3.4	1.3	1.8
Поздняя осень	3	1.3	1.5
Зима	3.8	2.5	2.2
Весна	3.1	1.6	1.3

**Таблица 2** Сезонный максимум отношений концентраций для «упрощенного» варианта

	Кустарник к смешанному лесу	Вечнозеленый лес к смешанному лесу	Лиственный лес к смешанному лесу
Лето	3	1.1	1.2
Осень до жатвы	4.4	1.7	1.5
Поздняя осень	4.8	1.9	1.6
Зима	4.6	2.8	2.6
Весна	4.8	1.9	1.4

### Выводы:

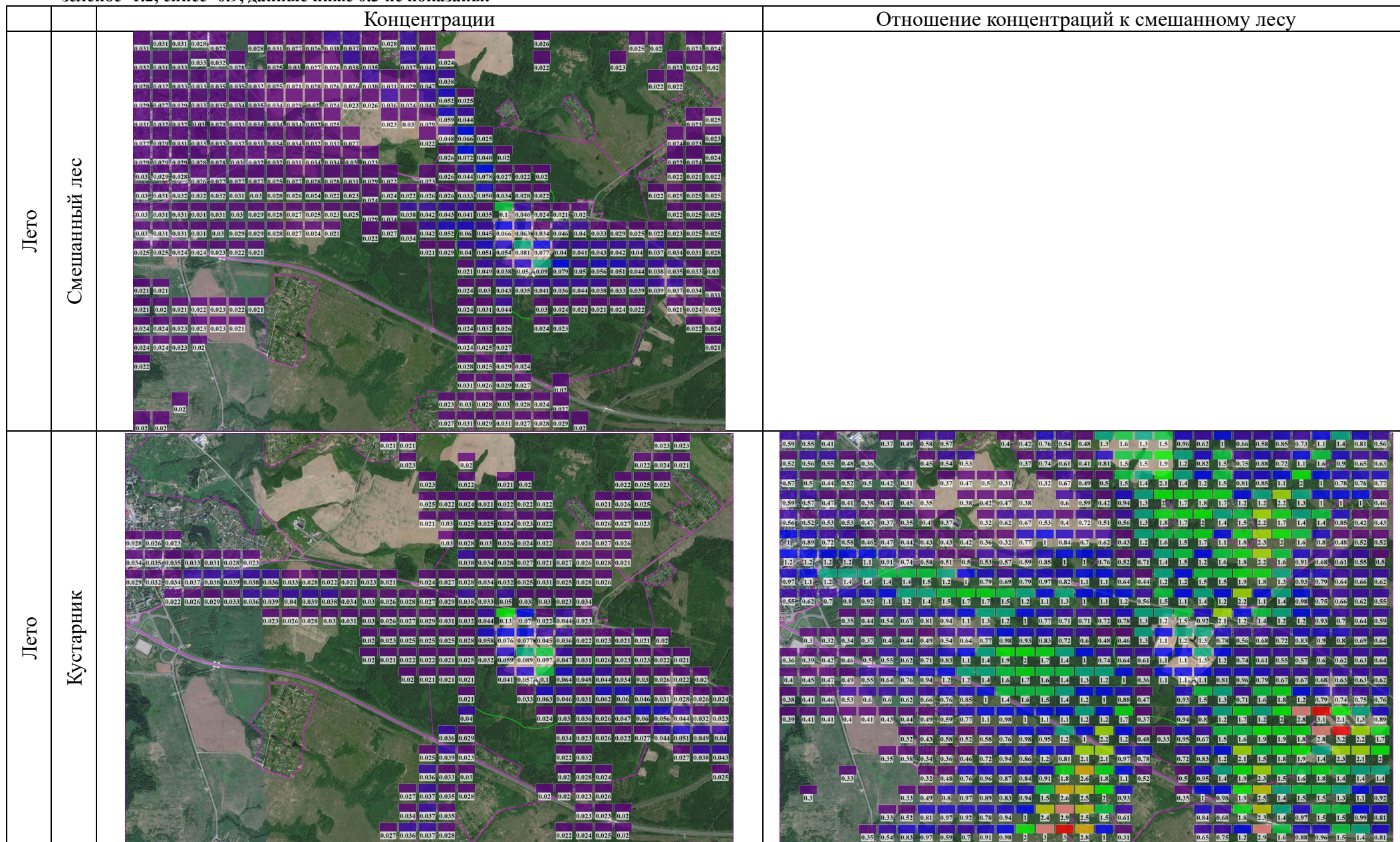
Более всего увеличивает расчетные концентрации ошибочная замена смешанного леса на кустарник: разница в отдельных клетках достигает 3.8 раз для «реального» варианта и 4.8 для «упрощенного».

При замене типа леса со смешанного на вечнозеленый или лиственный концентрации тоже увеличиваются, но не более чем в 2.5 раза для «реального» и 2.8 для «упрощенного».

Ниже приведены таблицы с картами рассчитанных в работе концентраций и отношений.

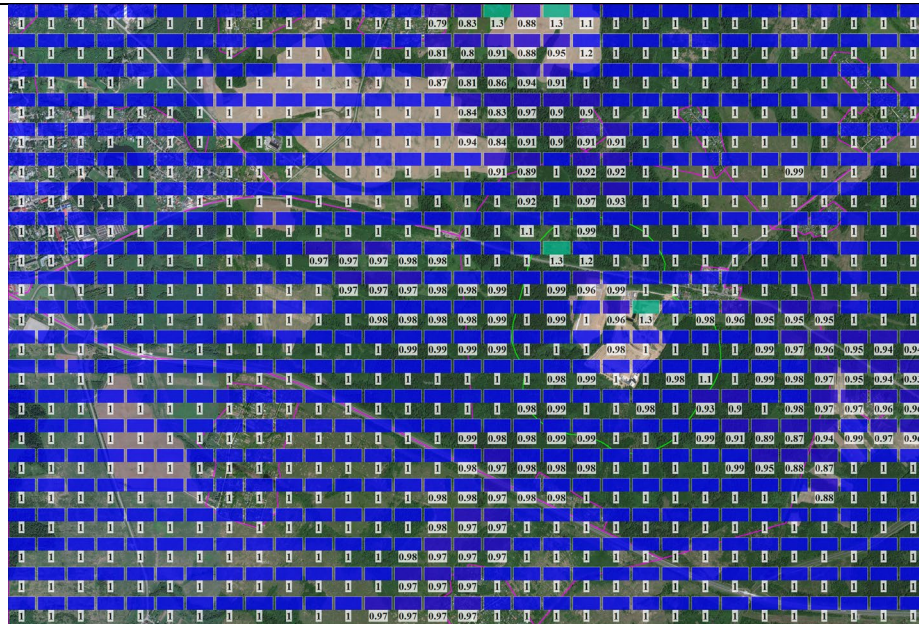
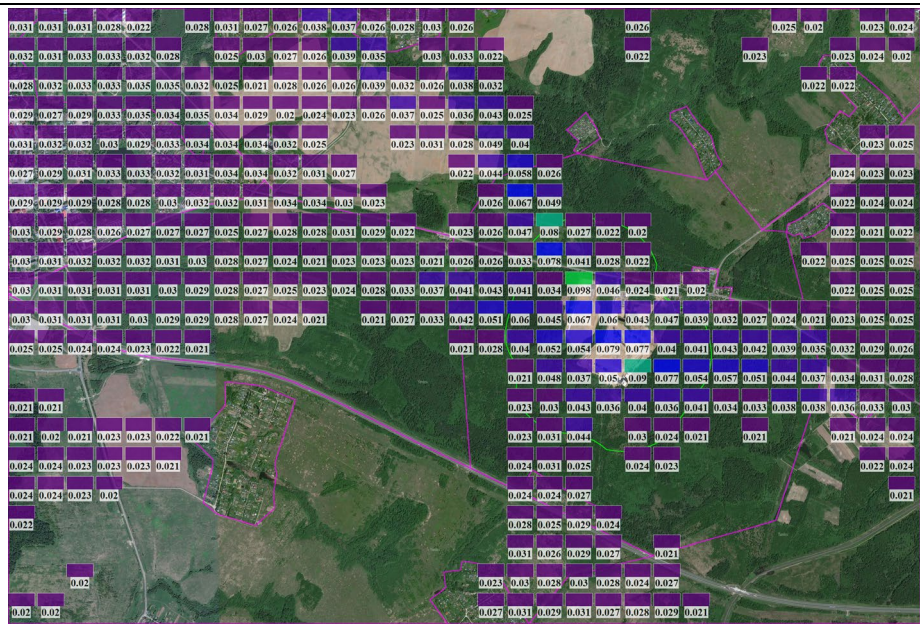
**Вариант 1, «реальный»:**

Таблица 3 Сезонные изменения концентраций. Для концентраций красное = 0.2 мг/м; для отношения концентраций красное>3, розовое>2.7, желтое>2.1, зеленое>1.2, синее>0.9, данные ниже 0.3 не показаны.



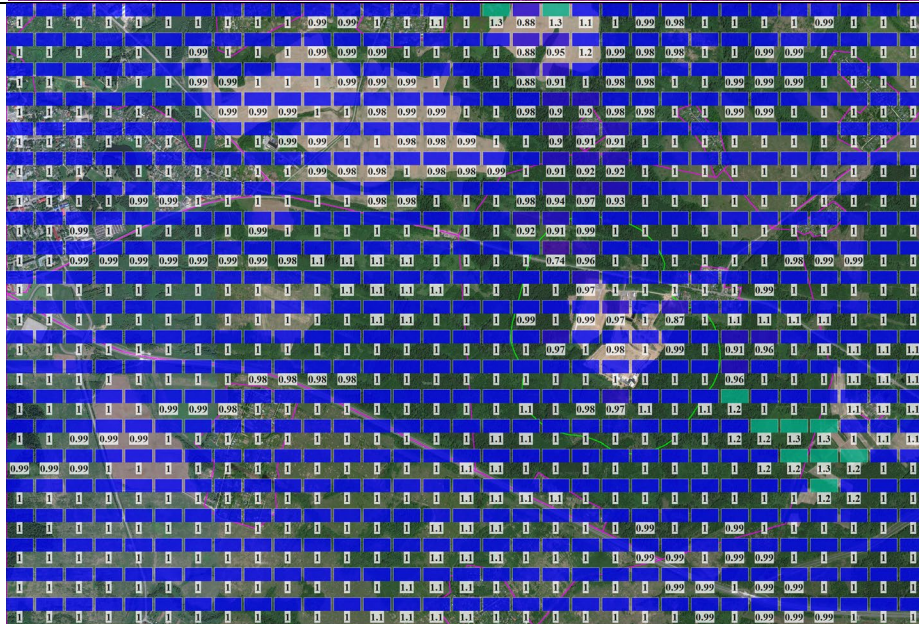
Лето

Вечнозеленый лес



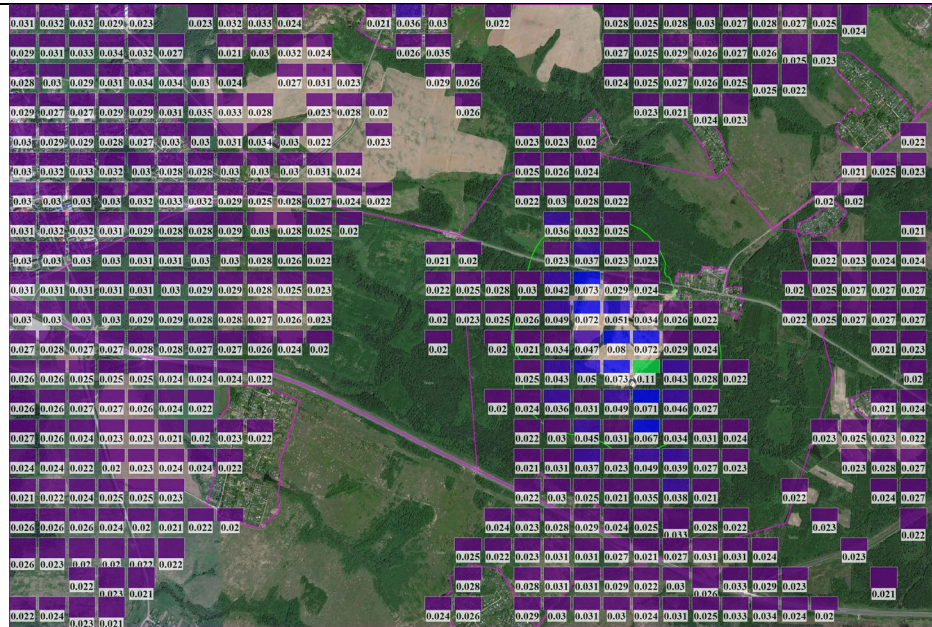
Лето

Лиственный лес



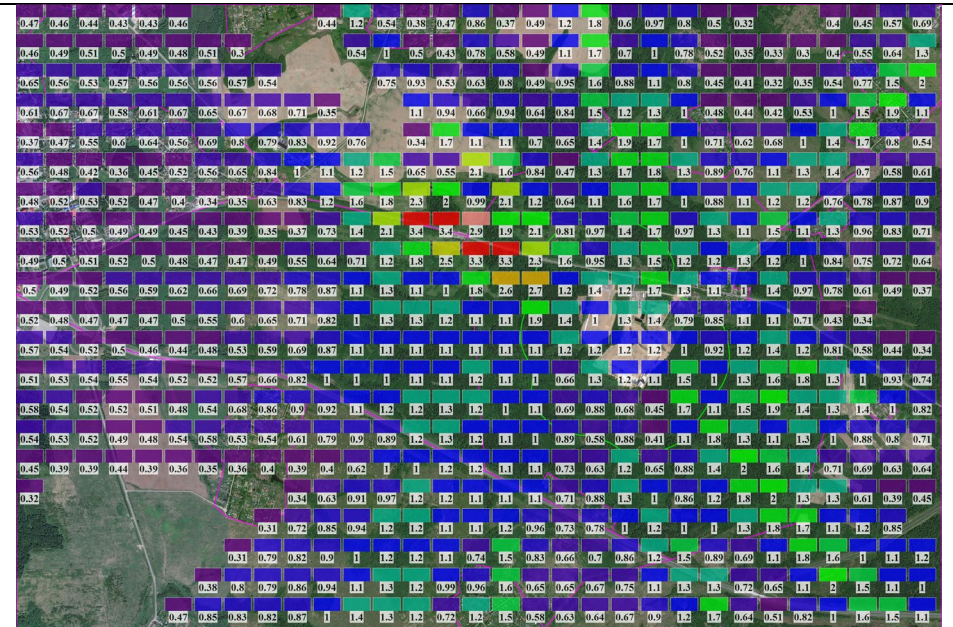
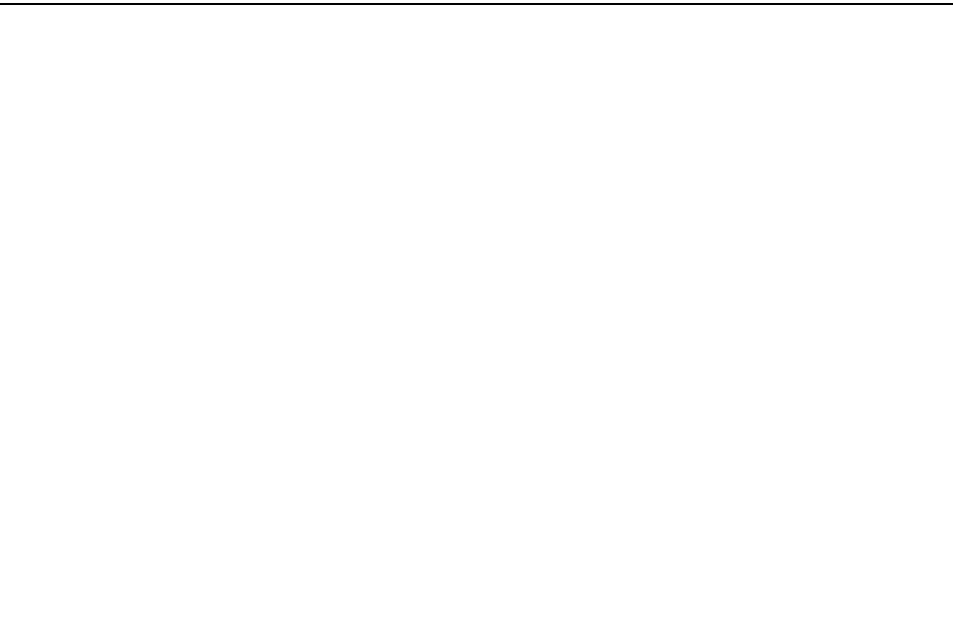
Осень до жатвы

Смешанный лес



Осень до жатвы

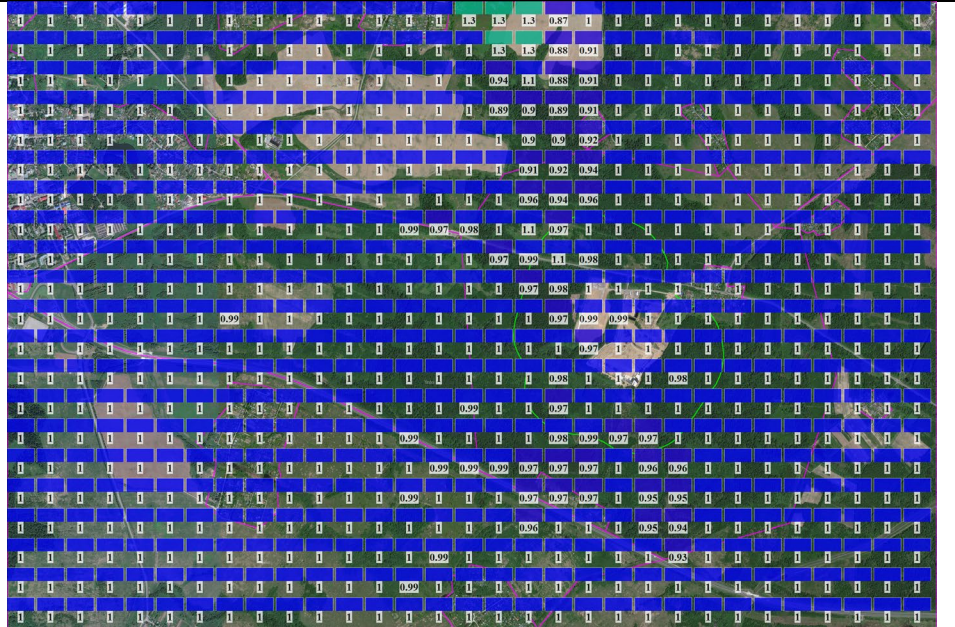
Кустарник





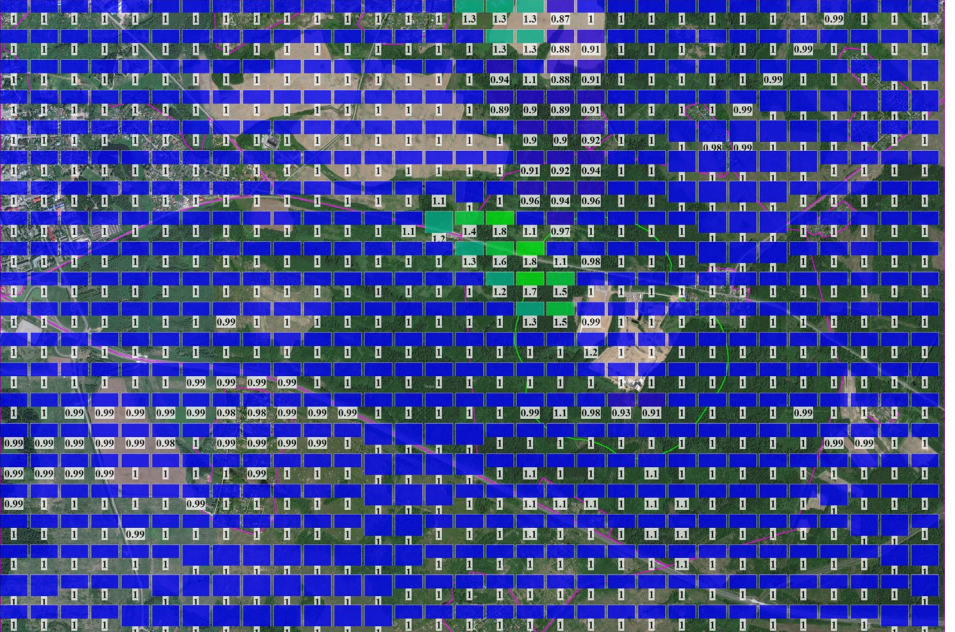
Осень до жатвы

Вечнозеленый лес



Осень до жатвы

Лиственный лес



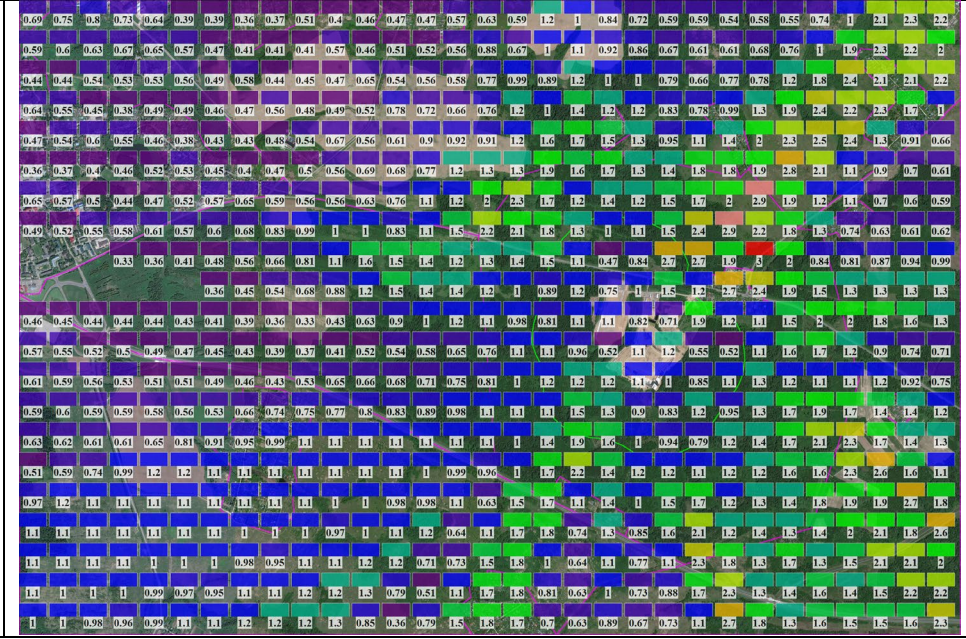
Поздняя осень

Смешанный лес



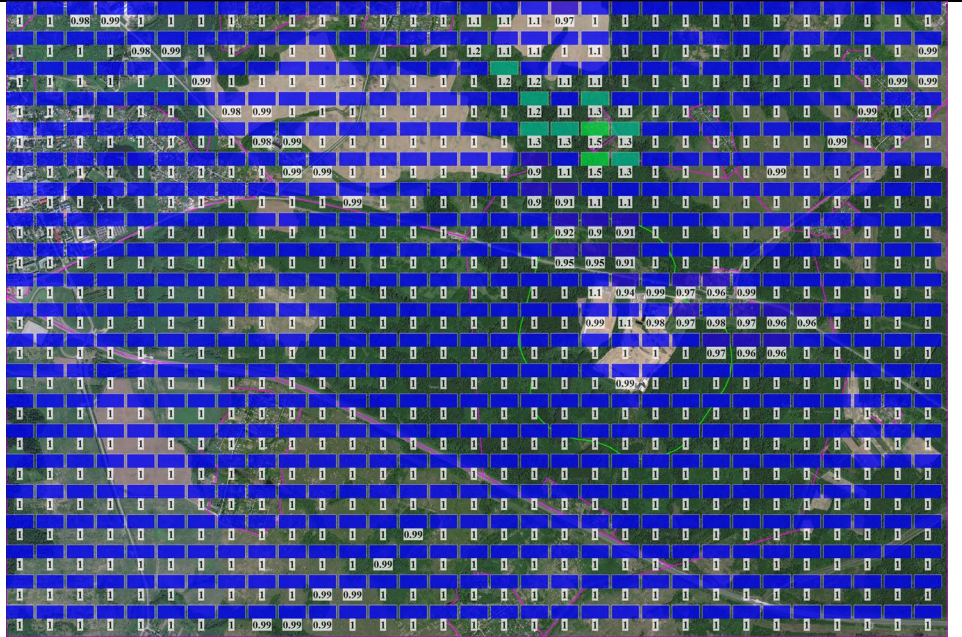
Поздняя осень

Кустарник



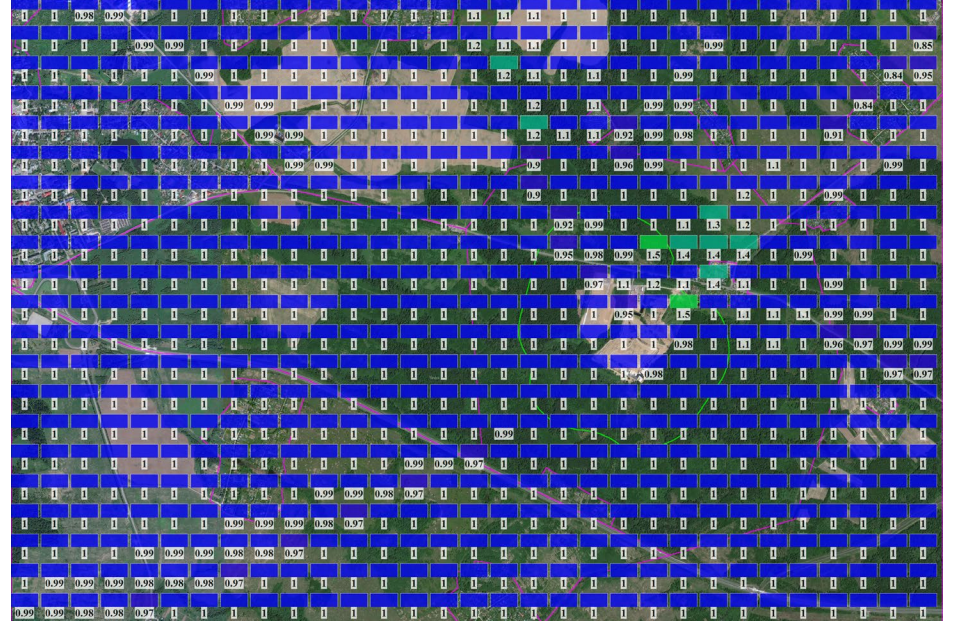
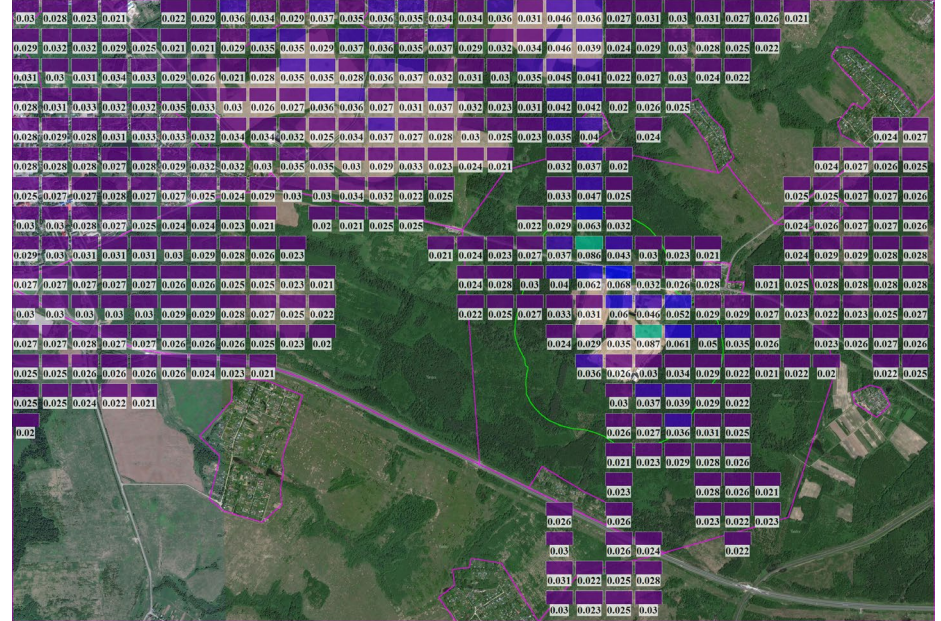
Поздняя осень

Вечнозеленый лес



Поздняя осень

Лиственный лес



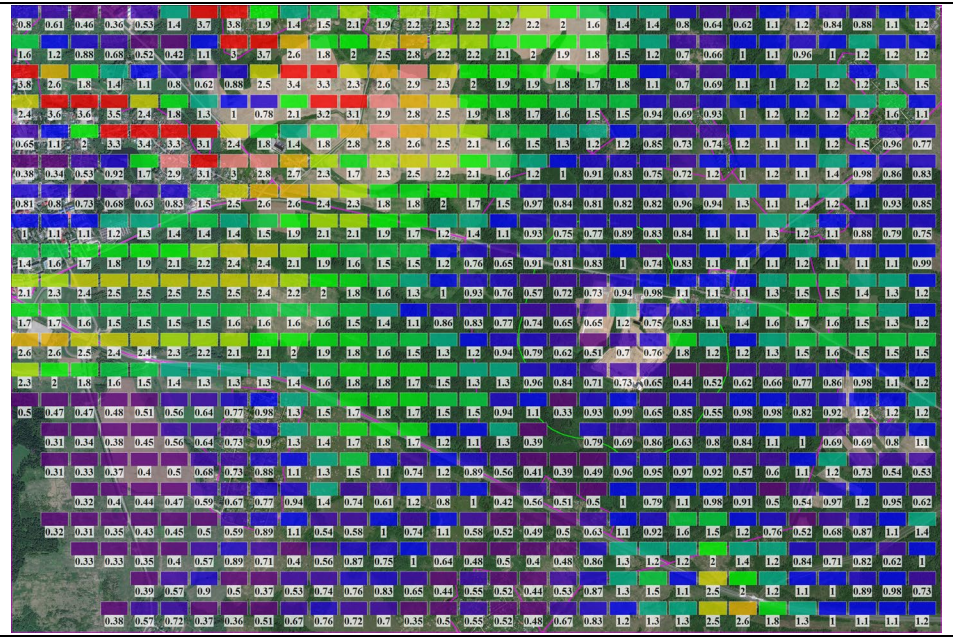
Зима

Смешанный лес



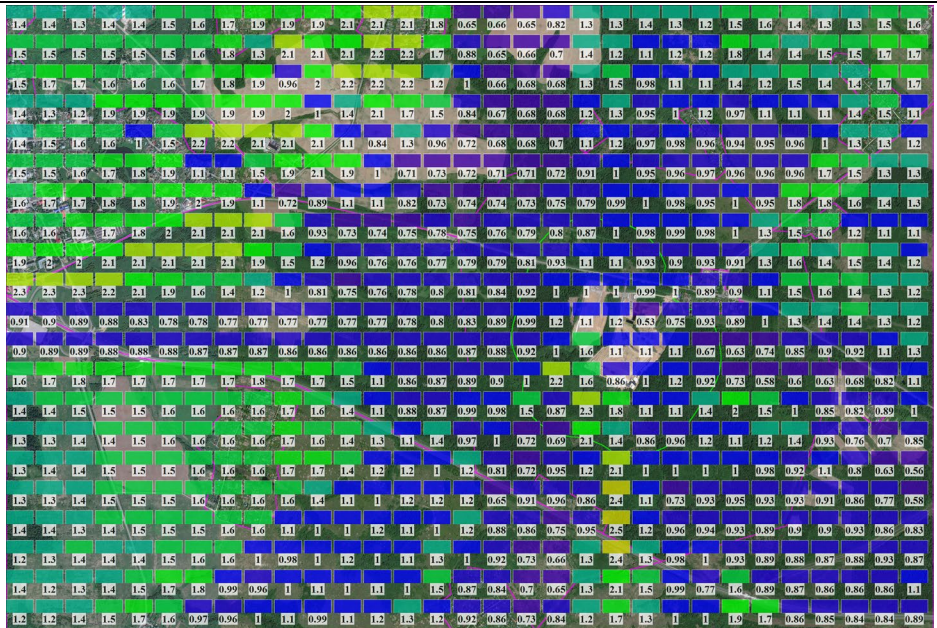
Зима

Кустарник



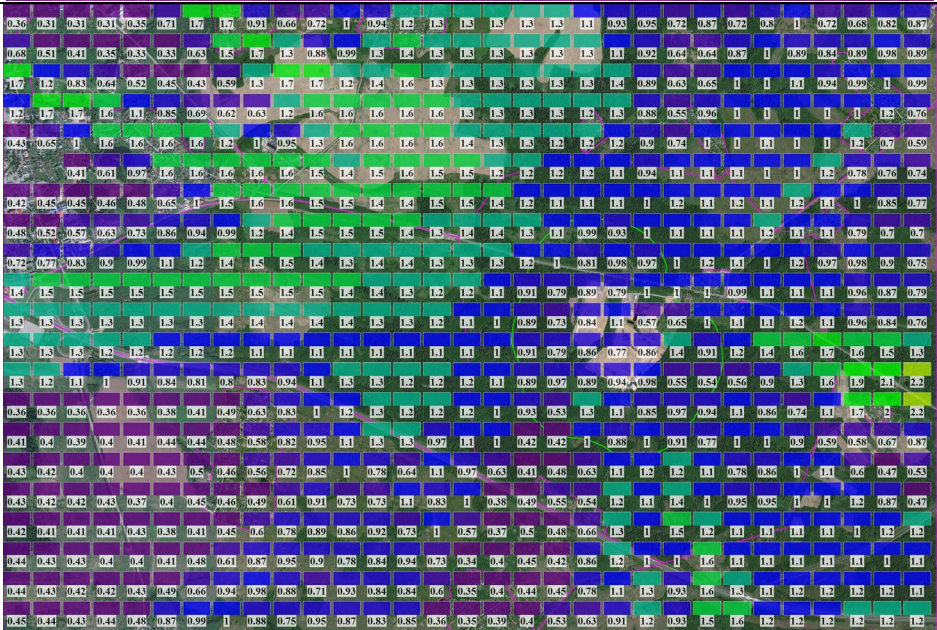
Зима

Вечнозеленый лес



Зима

Лиственный лес



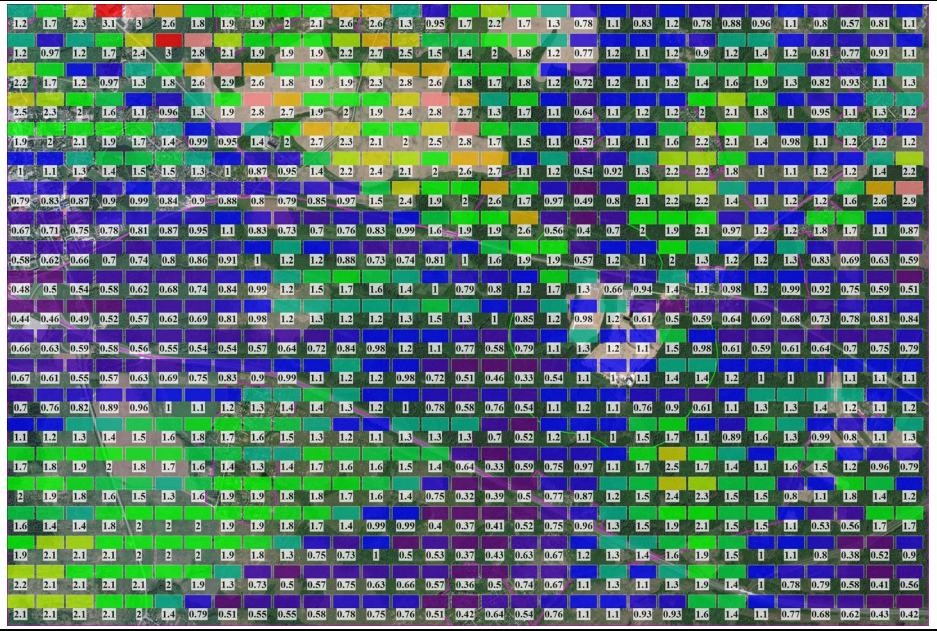
Весна

Смешанный лес



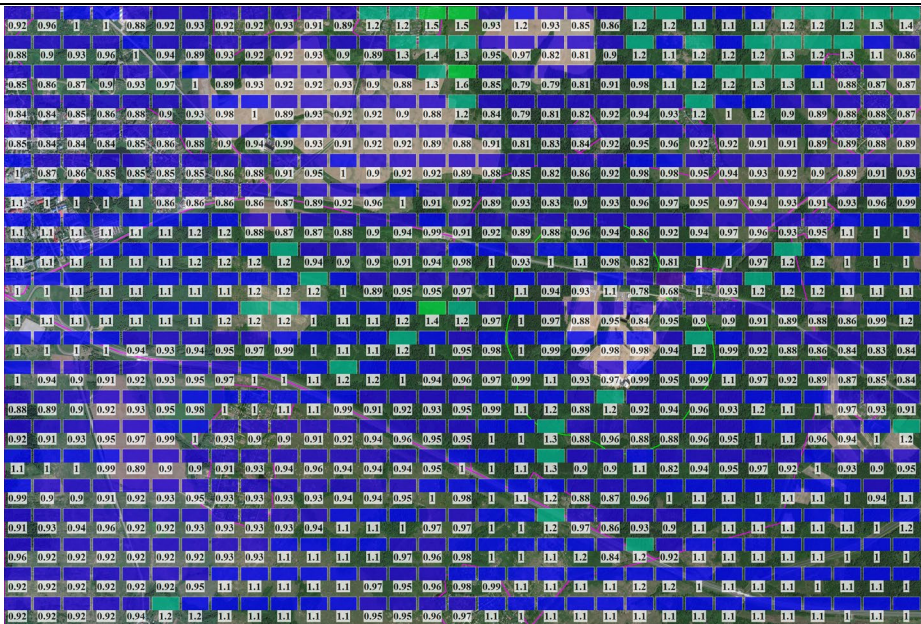
Весна

Кустарник



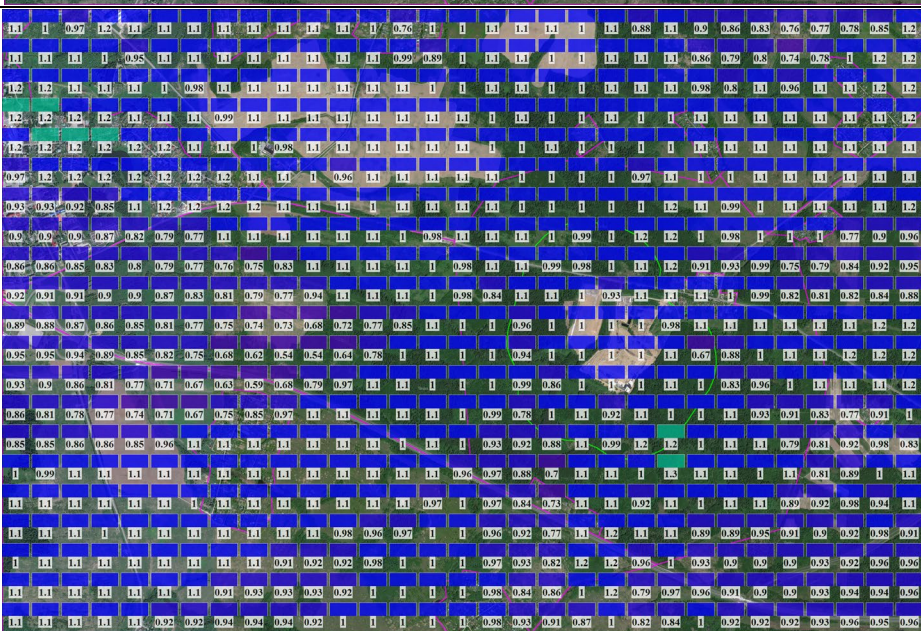
Весна

Вечнозеленый лес



Весна

Лиственный лес



**Вариант 2:** Эксперимент по замене всех классов поверхности для данного участка на класс одного типа (только смешанный лес, кустарник, вечнозеленый лес и лиственный лес). После расчетов концентраций были рассчитаны сезонные отношения концентраций кустарника, вечнозеленого леса и лиственного леса к смешанному лесу.

Таблица 4 Отношение концентраций. Красное>3, розовое>2.7, желтое>2.1, зеленое>1.2, синее>0.9, данные ниже 0.3 не показаны.

Сезон	Кустарник к смешанному лесу	Вечнозеленый лес к смешанному лесу	Лиственный лес к смешанному лесу
Лето			
Осень до жатвы			



