



Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет почвоведения
Кафедра земельных ресурсов и оценки почв

Исследование и нормирование экологического состояния почв в зоне деятельности металлургического комбината

*Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Плеханова И.О.,
Аймалетдинов Р.А., Шестакова М.В.*

Целью исследования было научное обоснование возможности объективной количественной оценки экологического состояния земель, загрязненных тяжёлыми металлами, по материалам дистанционного зондирования Земли на основе теоретической модели отклика живого в форме NDVI на воздействие стрессоров в виде тяжёлых металлов с её предварительной параметризацией на основе подспутниковых измерений.

Горно-обогатительный комбинат

● пробные площадки

□ границы заповедника "Белогорье"

NDVI (Sentinel-2)

■ 0.12

■ 0.30

■ 0.46

■ 0.63

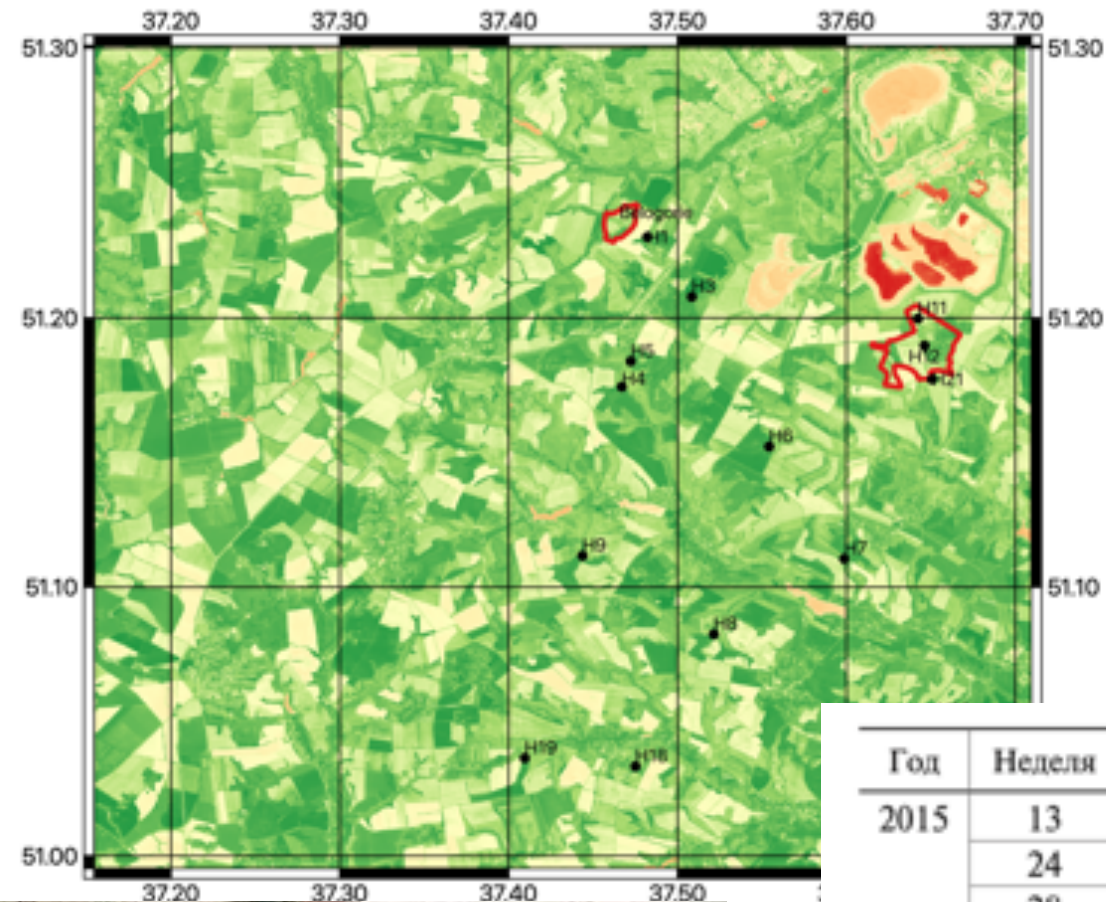
■ 0.80



Макроскопическая кинетика временной и пространственной изменчивости вегетационного индекса NDVI на территории заповедника «Ямская степь» в условиях загрязнения почвы тяжёлыми металлами

Г. П. Глазунов, В. М. Гендугов, М. В. Евдокимова,
Р. П. Титарев, М. В. Шестакова

Параметры и особые точки уравнения модели зависимости вегетационного индекса NDVI от результирующей концентрации тяжёлых металлов в почве для двух сезонов в заповеднике "Ямская степь".



Белгородский ГОК

Год	Неделя	Λ	B	K	q_4/t_4	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6
2015	13	278 218,1	4	65	0,01	6,3	9,2	12,5	16,8	24,4	31,6
	24	1,18E+12	8	122	0,03	8,0	10,6	13,8	16,2	21,7	26,8
	28	1,37E+11	7	114	0,03	7,9	10,6	13,8	16,4	22,2	27,6
	30	1,31E+12	8	125	0,03	8,3	11,0	14,2	16,7	22,4	27,6
	32	3,25E+11	7	120	0,03	8,2	10,9	14,1	16,8	22,6	28,0
	35	1,71E+09	6	97	0,02	7,4	10,2	13,5	16,5	22,9	28,7
	38	86,21018	1	24	0,02	3,4	5,9	8,7	16,2	26,5	36,5
	40	3177,799	3	40	0,01	4,8	7,5	10,6	16,0	24,6	32,8
2016	26	36,84956	1	21	0,03	3,3	6,0	9,0	19,9	33,7	47,7
	28	2,96E+16	10	168	0,03	9,1	11,6	14,7	16,6	21,6	26,1
	30	5,96E+17	11	181	0,03	9,3	11,7	14,7	16,5	21,3	25,4
	37	9,59E+19	12	200	0,02	9,3	11,7	14,5	16,0	20,4	24,2

Задачи:

- 1) определение макрокинетических характеристик внутрисезонной динамики NDVI для опорных точек, обеспеченных наземными измерениями, в рамках разработанной ранее модели;
- 2) обоснование ранжирования концентраций тяжёлых металлов и значений NDVI, отражающего степень экологической безопасности для зоны воздействия металлургического комбината г. Норильска;
- 3) выявление эмпирической зависимости концентрации тяжёлых металлов в почве от расстояния до источника загрязнения и от среднегодовой доли ветров, направленных от этого источника к рассматриваемому участку (пикселю);
- 4) выявление закономерности в пространственном распределении значений NDVI в зоне воздействия комбината;
- 5) оценка устойчивости выявленных закономерностей во времени.

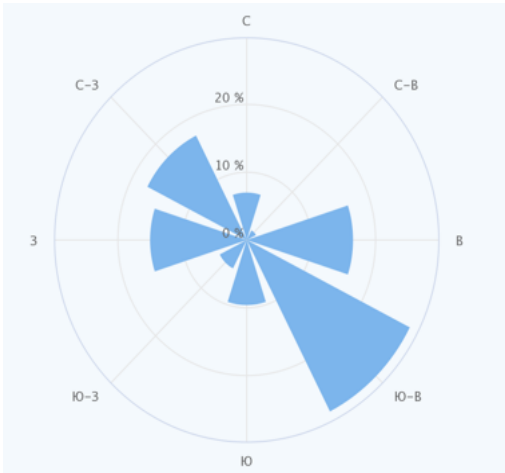


Рис. 1. Роза ветров для г. Норильска



ГМК «Норильский никель»

Объекты исследования

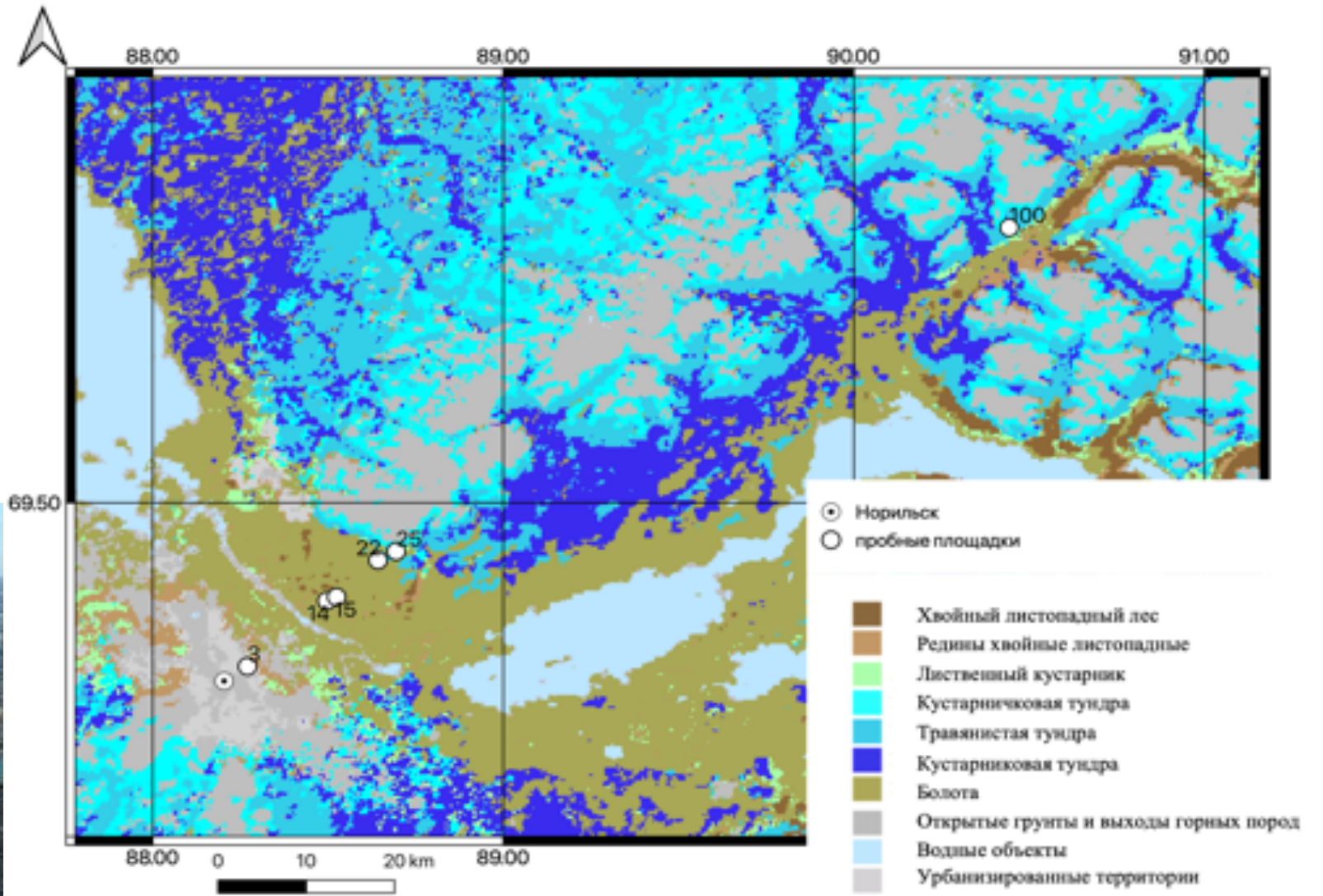


Рис. 2. Карта растительности исследуемой территории.

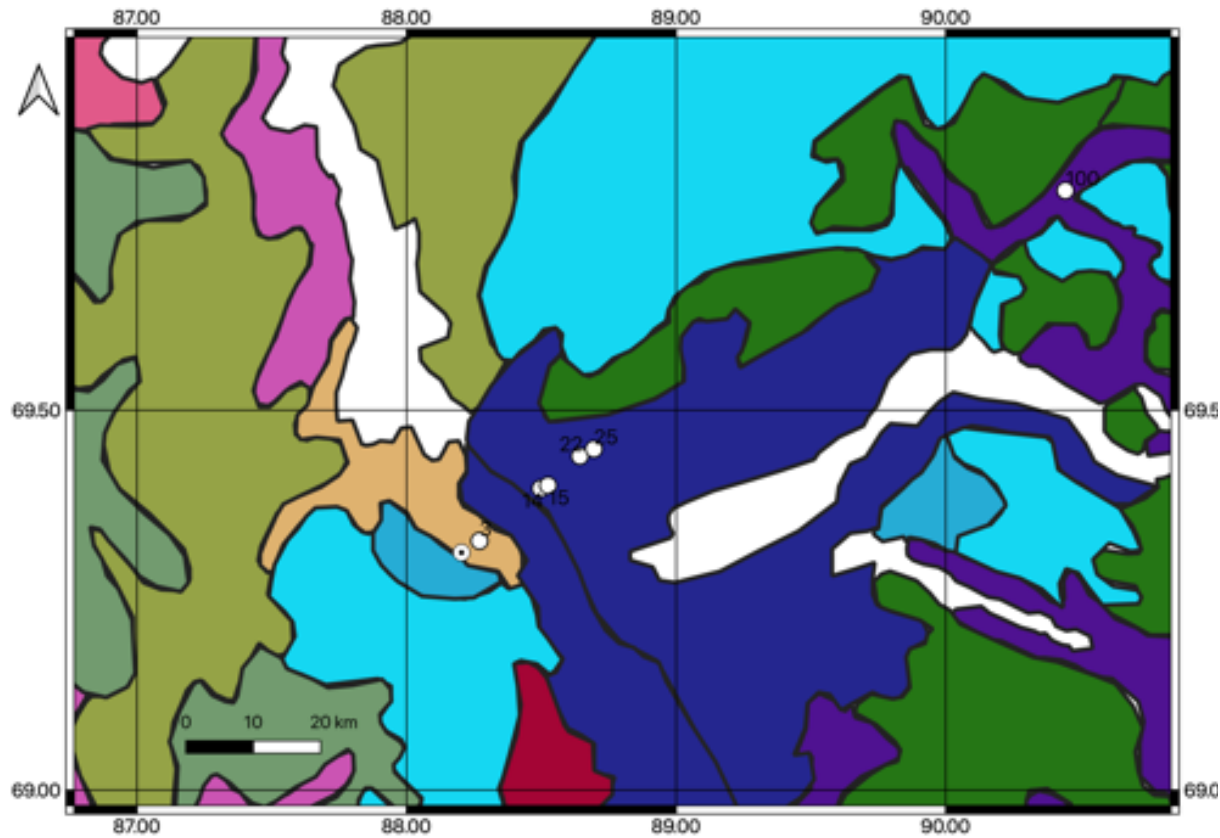


Рис. 3. Почвенная карта исследуемой территории

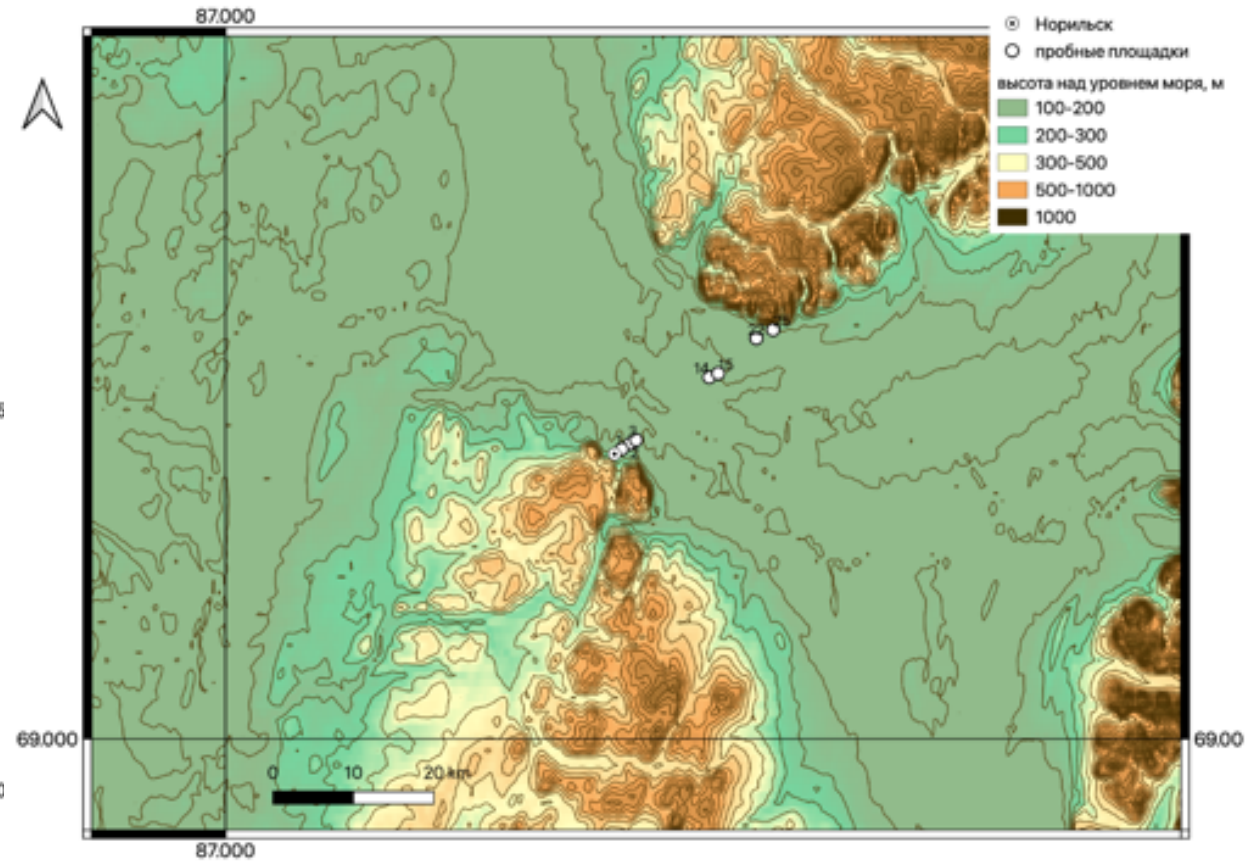


Рис. 4. Карта рельефа исследуемой территории (GMTED2010).

- ⊙ Норильск
- пробные площадки
- Арктотундровые перегнойно-глеевые, почвы пятен и тундровые глеевые торфянистые и торфяные
- Перегнойно-карбонатные тундровые
- Перегнойно-карбонатные
- Подбуры тундровые (без разделения)
- Каменистые россыпи
- Таежные глеевые торфянисто-перегнойные (глееземы торфянисто-перегнойные таежные)
- Таежные торфянисто-перегнойные высокогумусные неоглеенные
- Тундровые глеевые торфянисто-перегнойные (глееземы торфянистые и перегнойные тундровые)
- Тундровые глеевые торфянисто-перегнойные, почвы пятен и мерзлотных трещин
- Тундровые глеевые торфянисто-перегнойные, тундровые глеевые торфянистые и торфяные
- Тундровые глеевые торфянистые и торфяные, торфянисто и торфяно-глеевые болотные и почвы пятен

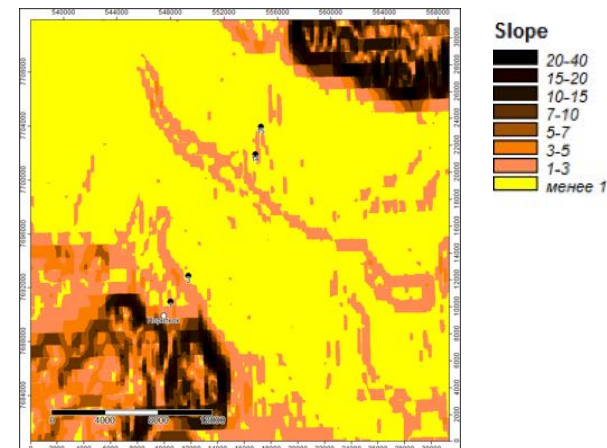


Рис. 5. Карта крутизны склонов исследуемой территории.

NDVI Содержание соединений тяжёлых металлов (мг/кг) в поверхностном (0 – 5 см) слое почвы на различном расстоянии от г. Норильска в направлении на северо-восток

Расстояние, км	Почвы	Угодья	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	z^*	<i>NDVI</i>
1	1	1	972	512	59	309	Не опр.
2	1	1	166	275	49	131	Не опр.
3	1	2	440	285	16	126	0,54
14	2	2	213	168	29	101	0,76
15	2	2	411	149	10	86	0,77
22	2	2	116	112	43	82	0,79
25	2	2	98	103	16	54	0,78
100	2	2	29	30	15	24	0,42
Кларк (мир)			20	40	8	19	Не опр.

Почвы: 1 - Тундровые глеевые торфянисто-перегнойные (глеземы торфянистые и перегнойные тундровые), 2 - Таяжные глеевые торфянисто-перегнойные (глеземы торфянисто-перегнойные таяжные).

Угодья: 1 - Открытые грунты без растительности, 2 - Болота.

z^* - среднее геометрическое из валовых концентраций *Cu*, *Ni* и *Co* в почве.

NDVI - максимальные за сезон значения в 2004 году по Modis

Решение

При фиксированных начальных концентрациях компонентов субстрата – уравнение роста

$$q = \sigma t^{-\beta} \exp\left(-\frac{\omega}{t}\right)$$

При фиксированном времени – дозовая зависимость

$$q = \Lambda z^{-B} \exp\left(-\frac{K}{z}\right) \quad (3)$$

$$z = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (c_{i1}^{\circ})} \quad \text{– среднее геометрическое из концентраций}$$

КОМПОНЕНТОВ

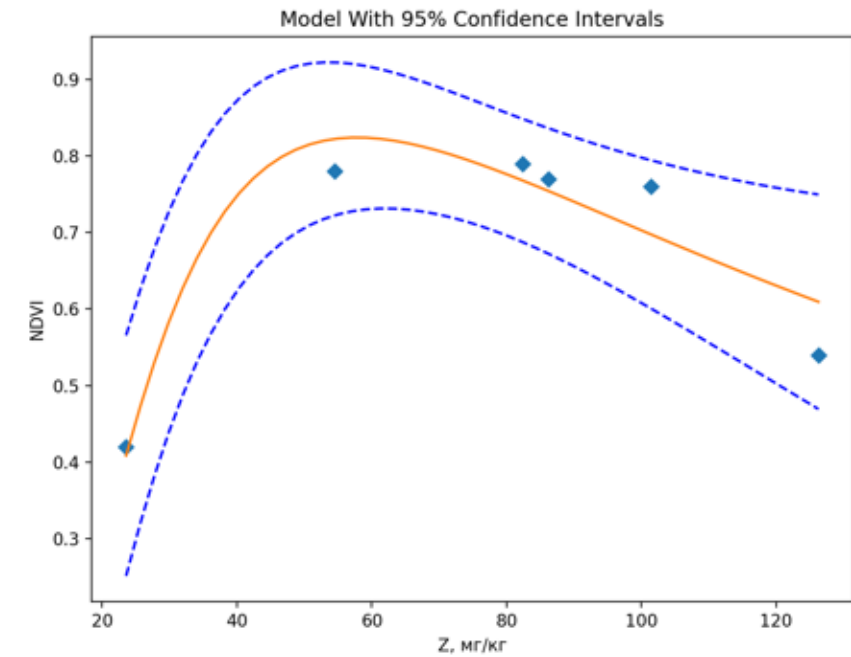
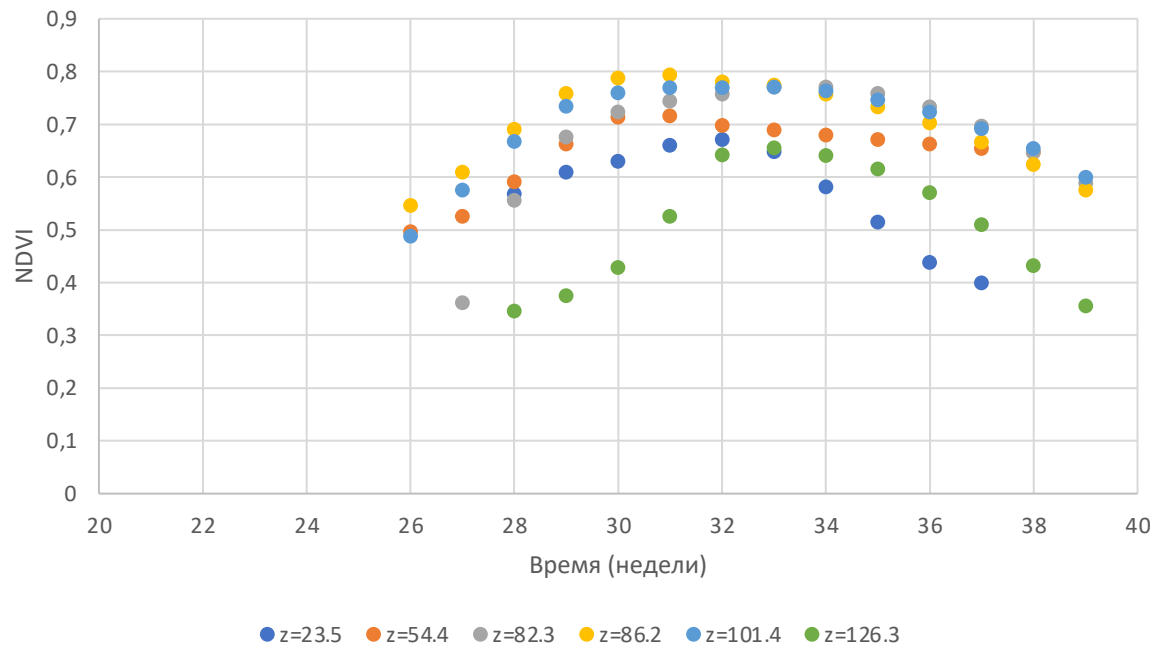


Рис. 7. Динамика индекса NDVI за вегетационный период 2004 года на пробных площадках с известными значениями степени загрязнения

Рис. 8. Зависимость вегетационного индекса NDVI (Modis) от показателя концентрации тяжёлых металлов в почве в окрестностях г. Норильска в 2004 году

расстояние, км	z, мг/кг	NDVI	Коэффициенты модели			R-squared
			A	B	K	
3	126,28	0,54	4,85E+02	1,26E+00	7,29E+01	0,91
14	101,45	0,76				
15	86,22	0,77				
22	82,36	0,79				
25	54,46	0,78				
100	23,54	0,42				

Связь между степенью загрязнения (z) и удаленностью (x) от источника загрязнения (г. Норильска) в направлении на северо-восток по экспериментальным данным:

$$z = \alpha x^{-\beta} \quad (4)$$

α, β - эмпирические константы

Связь для произвольного направления, характеризуемого известной из многолетней розы долей ветров данного направления (f)%

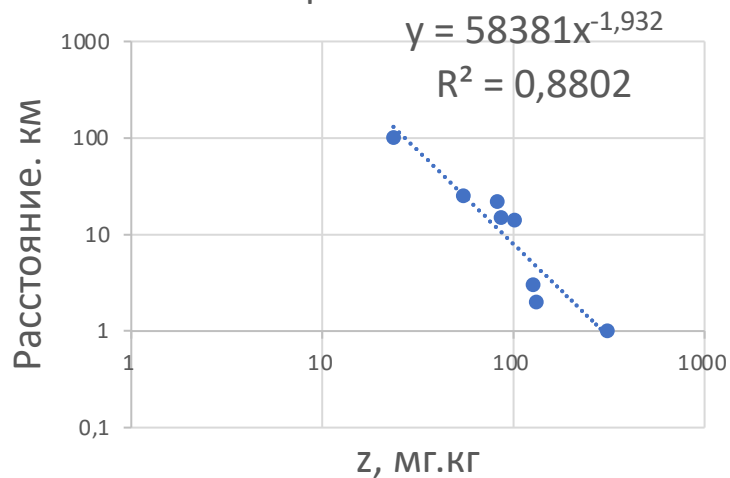
$$x = \sigma z^{-\varepsilon} f^{-\mu} \quad (5)$$

σ, ε, μ

Константы модели, абсциссы особых точек (мг/кг) и их удалённость (км) от источника

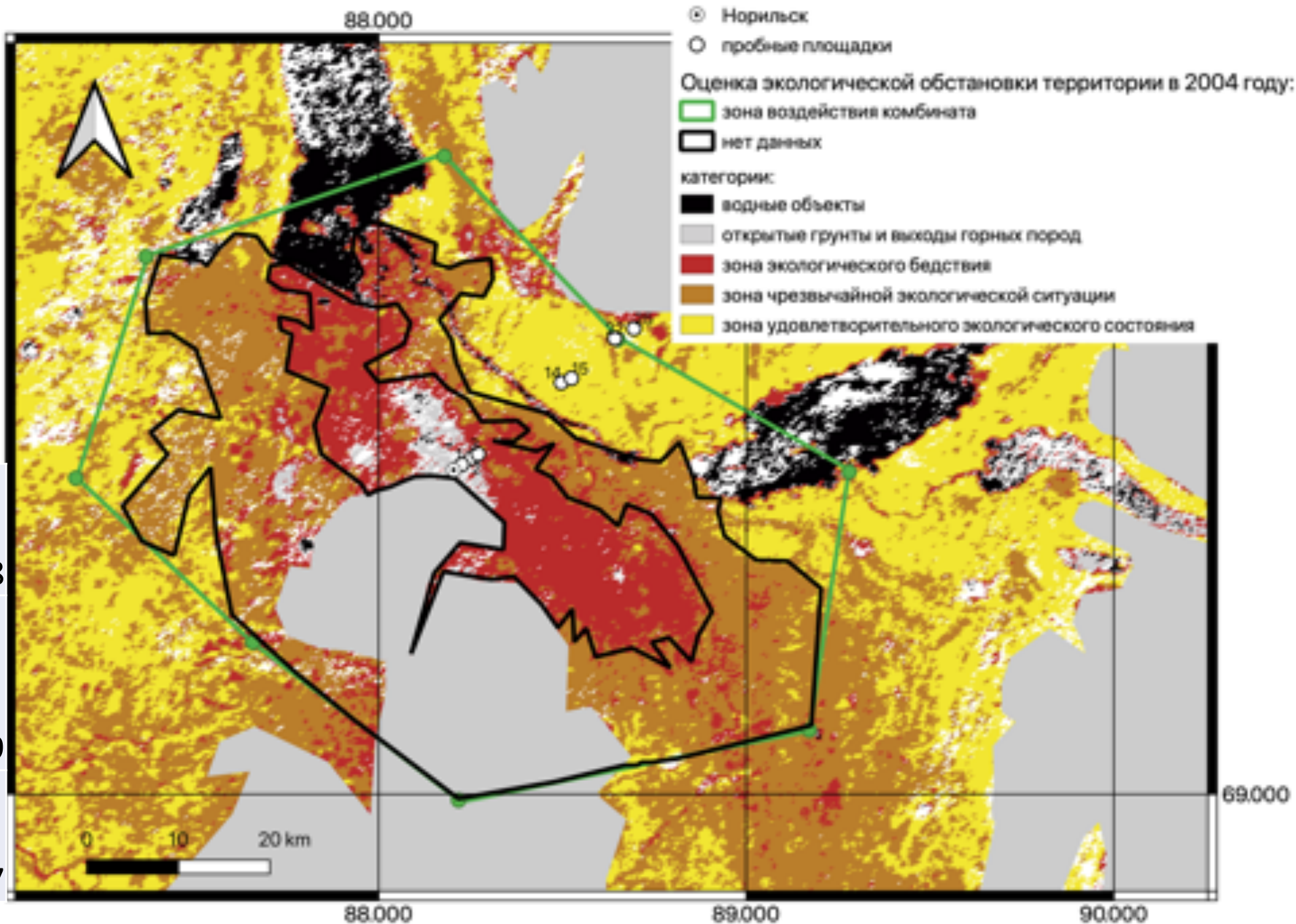
Румбы загрязнения	Доли ветров	Перенос на:	z1	z2	z3	z4	z5	z6
Ю	0,07	С	835	275	131	33	12	7
Ю-З	0,016	С-В	577	190	90	23	9	5
З	0,165	В	1034	341	162	41	15	8
С-З	0,284	Ю-В	1184	391	185	47	18	9
С	0,096	Ю	903	298	141	36	13	7
С-В	0,047	Ю-З	755	249	118	30	11	6
В	0,153		1010	333	158	40	15	8
Ю-В	0,172	С-З	1045	345	163	42	16	8

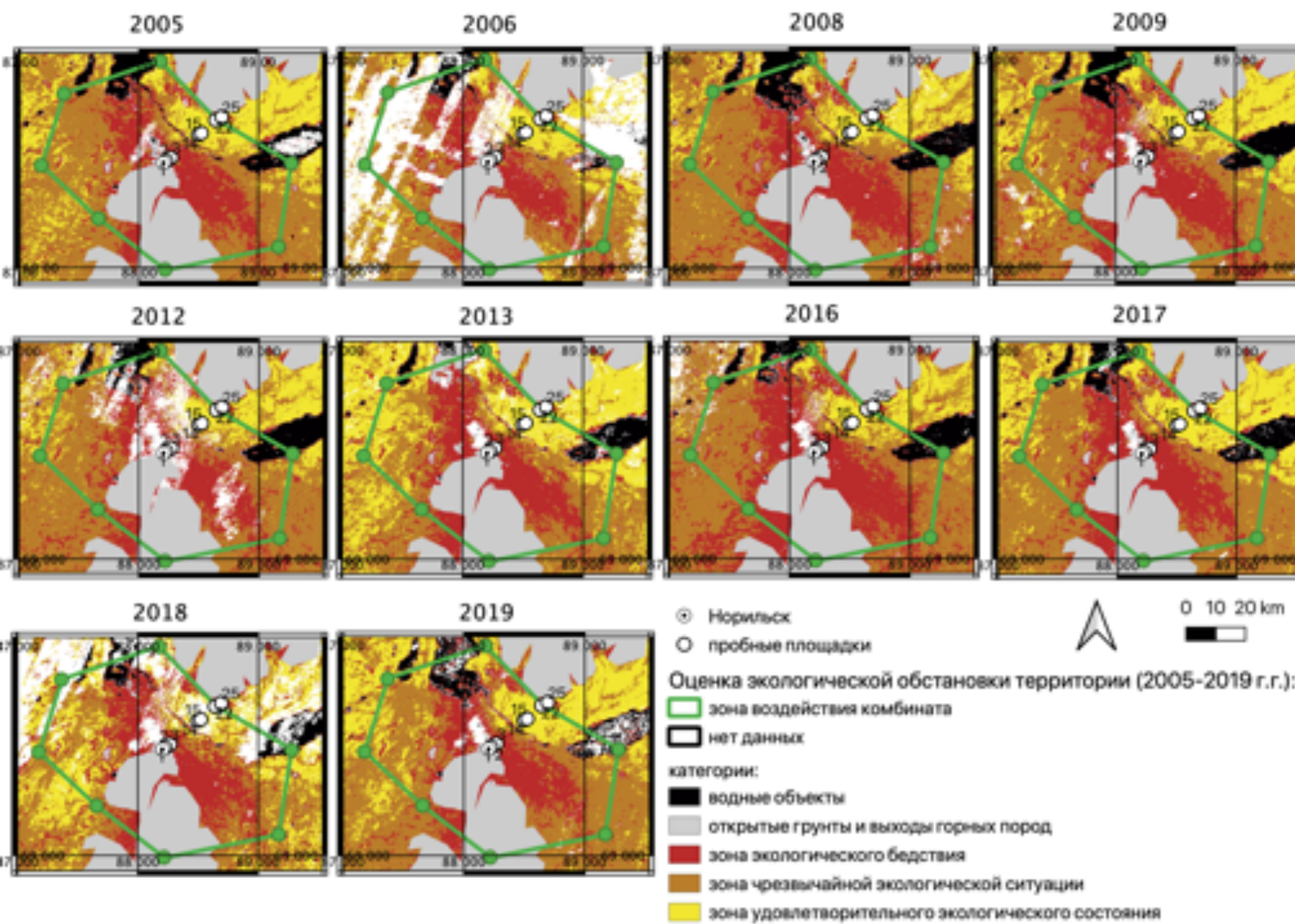
Связь между удалённостью от источника и степенью загрязнения



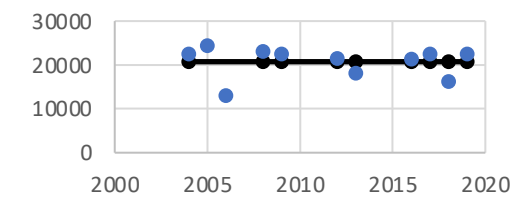
Зонирование территории в окрестностях металлургического комбината по материалам Modis 2004 г.

Площадь полигона - зона экологического бедствия, км ²	728
Площадь полигона - зона чрезвычайной экологической ситуации, км ²	1259
Площадь полигона - зона воздействия комбината, км ²	1907

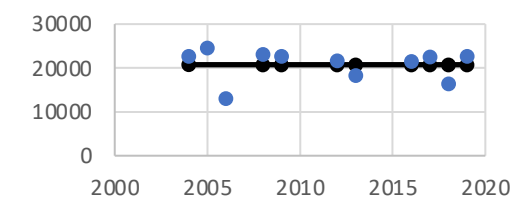




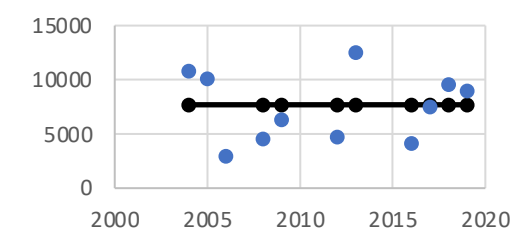
Динамика пикселей
внутри зоны
"экологическое
бедствие"



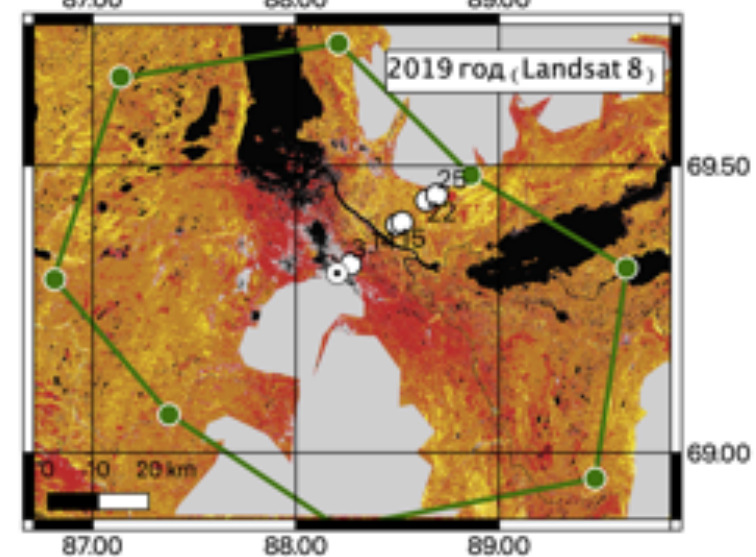
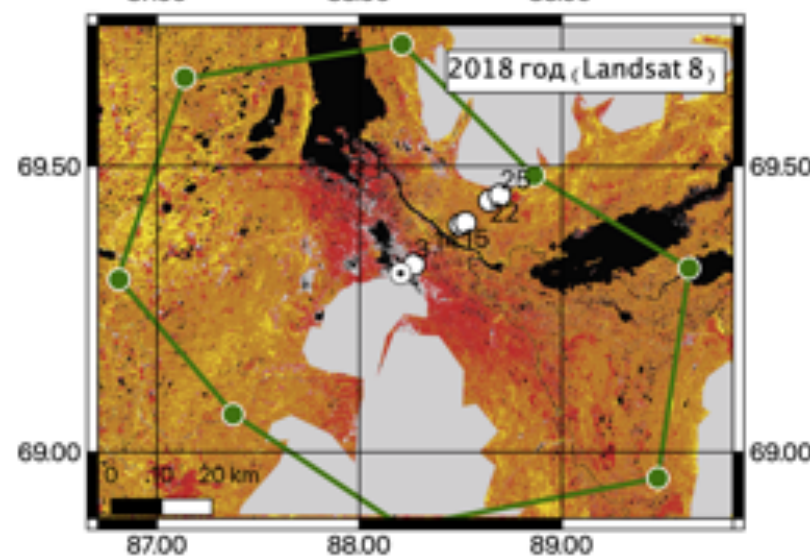
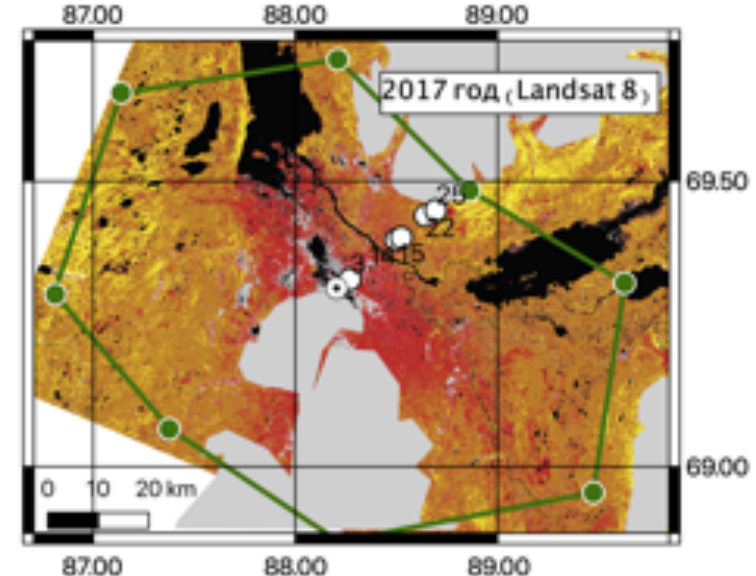
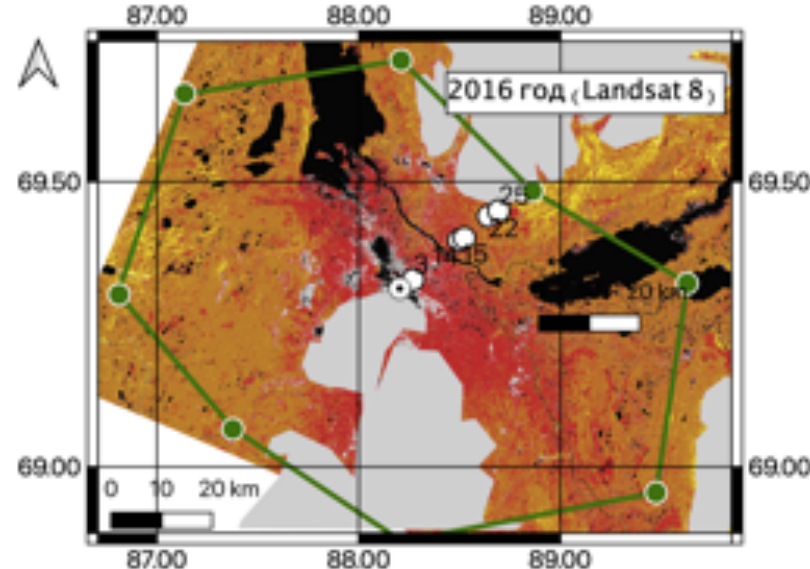
Динамика пикселей
внутри зоны
"чрезвычайная
экологическая ситуация"

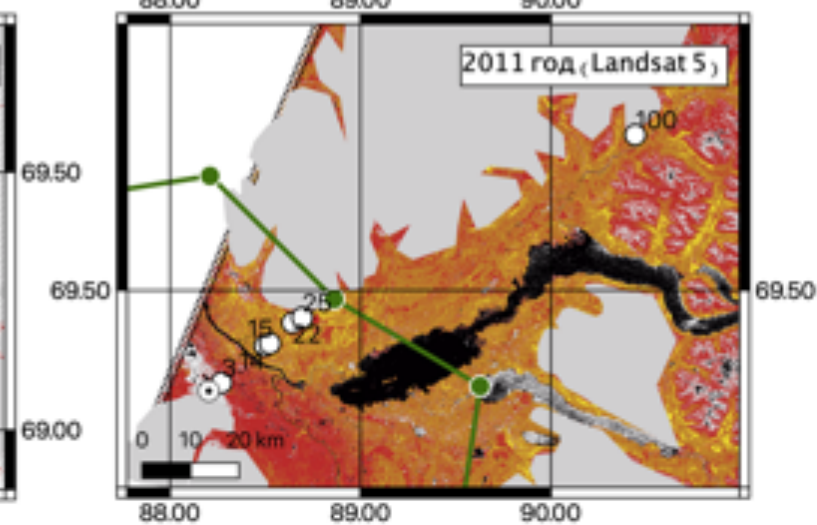
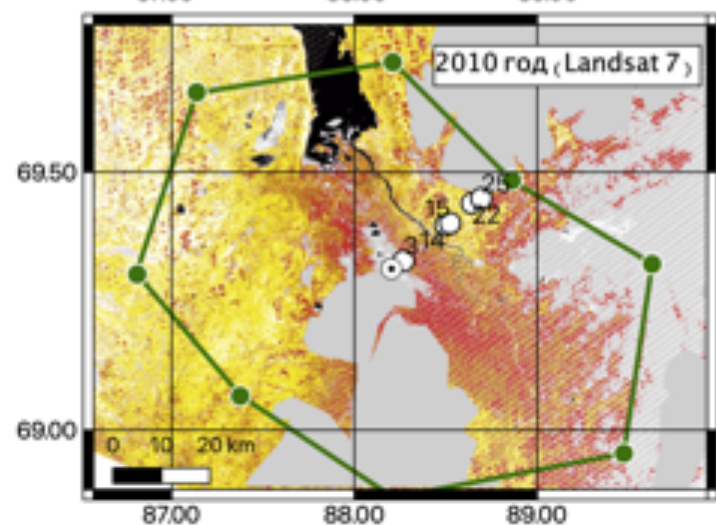
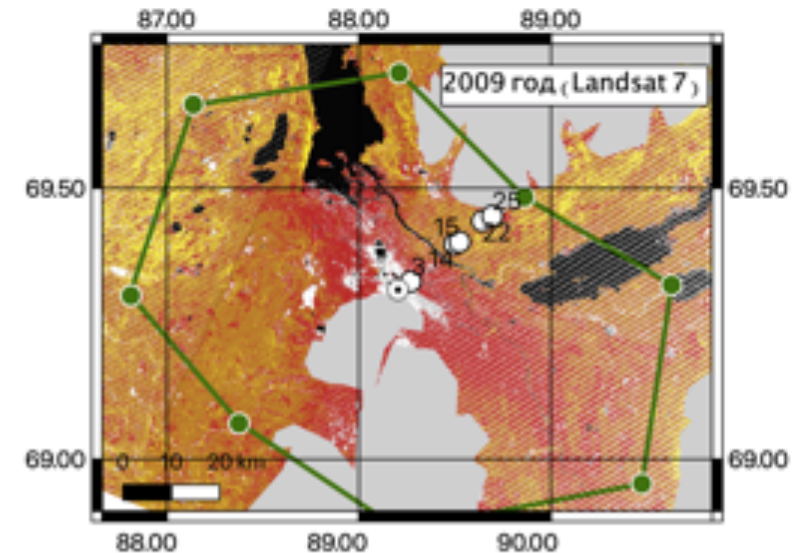
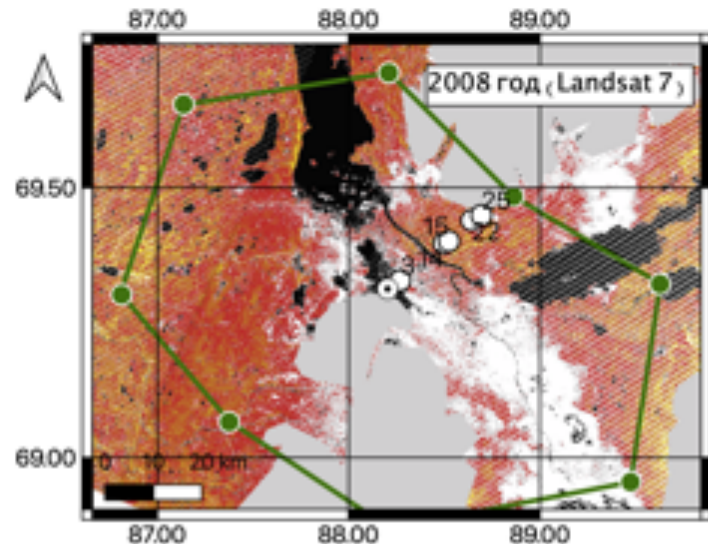
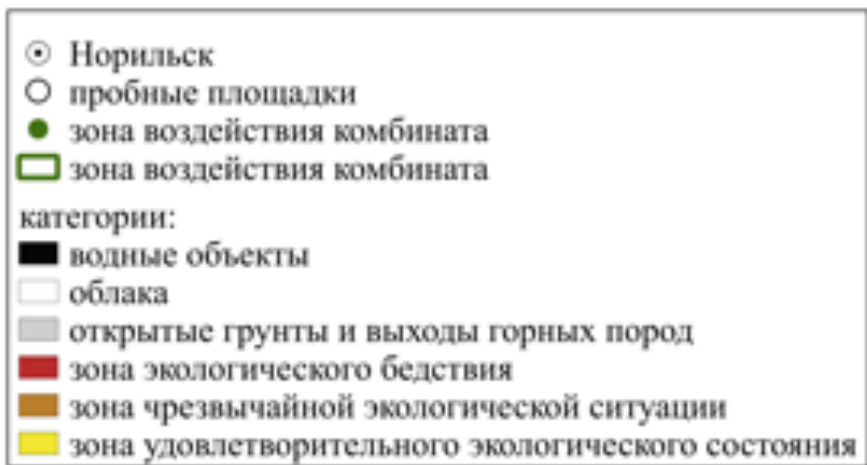


Динамика пикселей
внутри зоны
"удовлетворительное
экологическое
состояние"



- ⊙ Норильск
 - пробные площадки
 - зона воздействия комбината
 - зона воздействия комбината
- категории:
- водные объекты
 - облака
 - открытые грунты и выходы горных пород
 - зона экологического бедствия
 - зона чрезвычайной экологической ситуации
 - зона удовлетворительного экологического состояния





Спасибо за внимание!