

Тренды изменений лесопокрытых территорий Костромского Заволжья по материалам спутниковых съемок

Елсаков В.В.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

elsakov@ib.komisc.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) в рамках реализуемого на базе НИУ «Высшая школа экономики» проекта № 24-68-00055 «Из прошлого в будущее: сельские сообщества в условиях постаграрного вектора трансформаций».

FORECO-2024

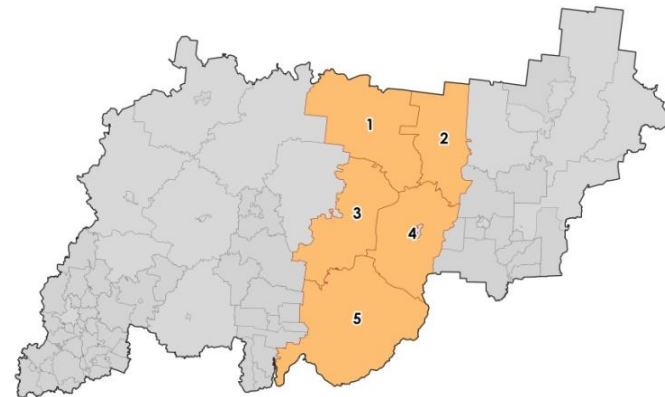


Рис. 1. Районы выполненных работ. Цветом отмечены модельные районы: 1 – Кологривский (3,5 тыс. км²), 2 – Межевский (2,2 тыс. км²), 3 – Нейский (2,2 тыс. км²), 4 – Мантуровский (2,7 тыс. км²), 5 – Макарьевский (4,8 тыс. км²)

Климат м/ст Кострома

Изменения ПТВ, °C

Изменения количества осадков, мм/м-2

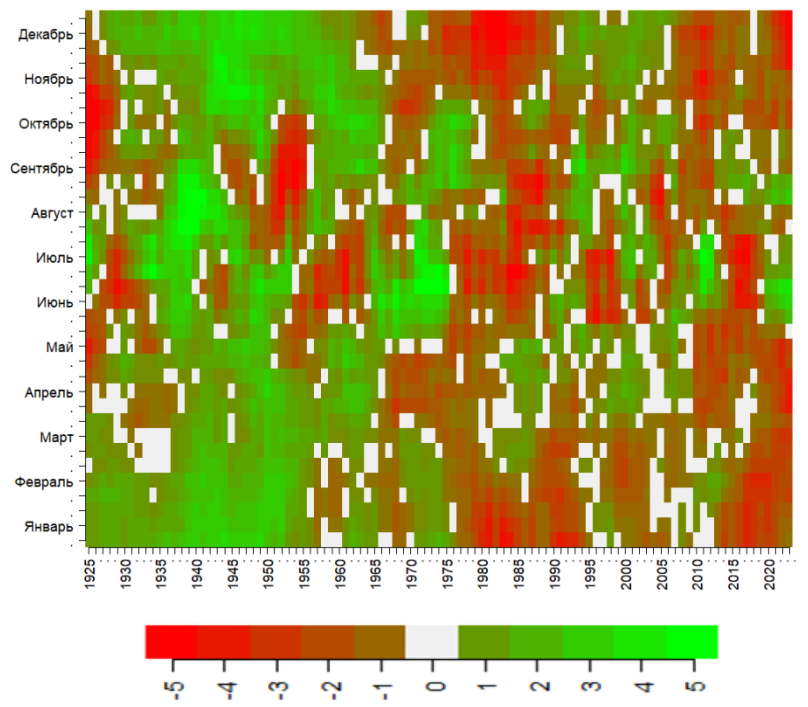
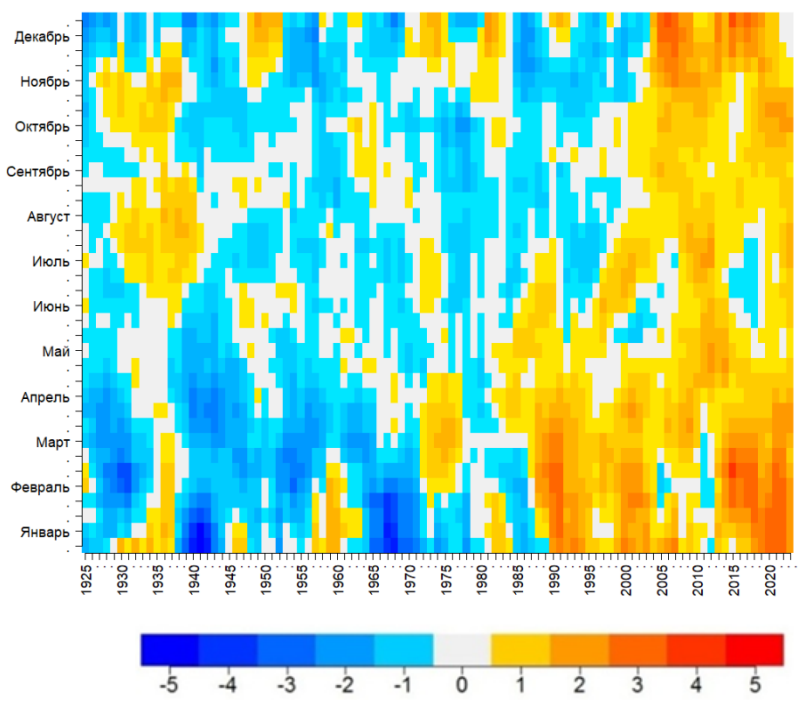
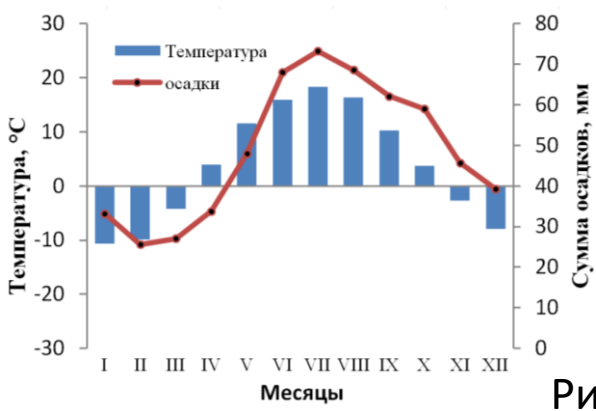


Рис. Отклонения средних декадных температур ПТВ, °C (А) и осадков, мм (Б) от средних многолетних показателей периода 1925-2024 гг. (В) по данным наблюдений м/ст. Кострома.



2000-2025 и 2017-2018 г. фаза летнего снижения ПТВ

Рис. средние многолетних показателей периода 1960-2022 гг.

С начала XVII века началось сельскохозяйственное и лесохозяйственное освоение этой территории. Происходило истреблением леса и распашка участков, прилегающих к рекам Унже, Ветлуге, Меже, Вохме, Нее и другим. Максимального населения деревни этого региона достигли к 1915 г (Торопов, 2012). В советский период происходило уменьшение деревень. Шел процесс, названный Т.Г. Нефедовой и А.А. Медведевым (2020) «сжатие освоенного пространства», концентрации населения в некоторых поселениях и исчезновению других поселений

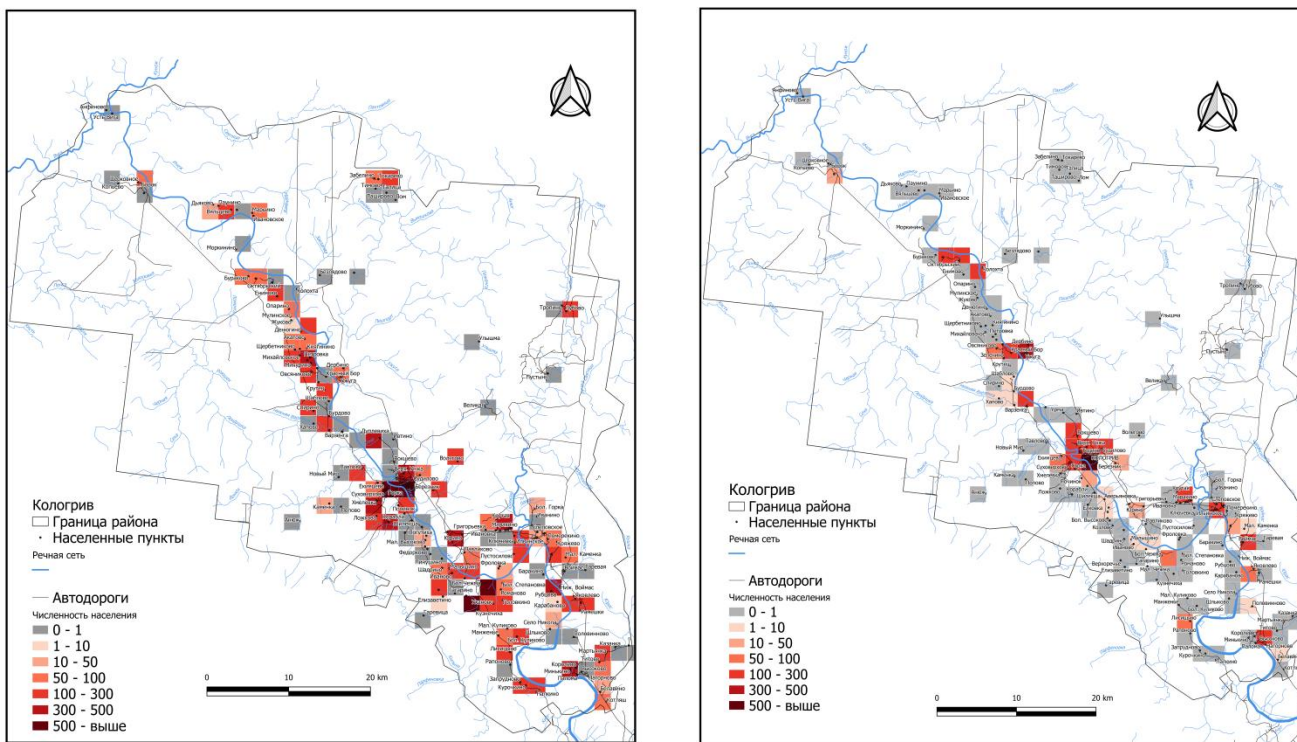


Рис. Пример «сжатия освоенного пространства» - населения деревень в Кологривском районе Костромской области в течение XX века. Численность населения Кологривского района Костромской области по данным 1907 г. (А) и 2019 г. (Б).

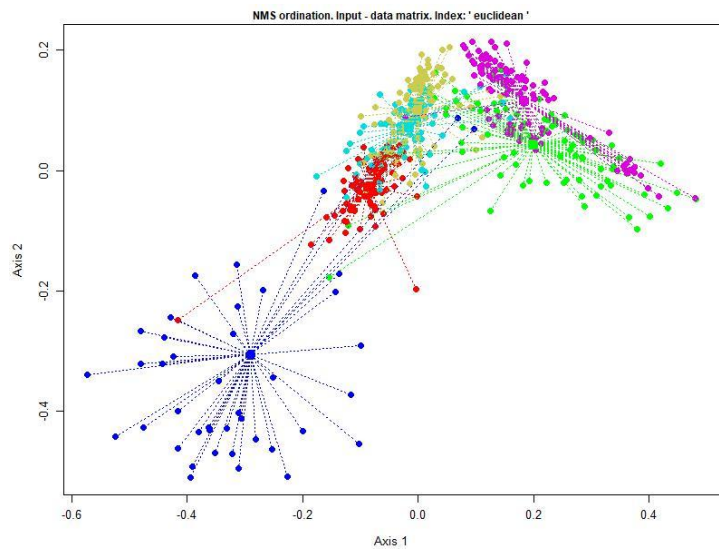
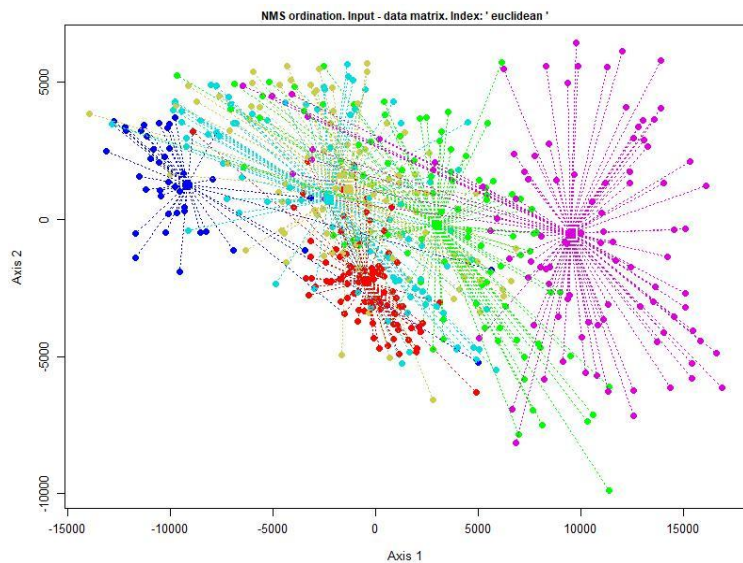


Рис. Ординационные диаграммы многомерного неметрического шкалирования (NMS), по величинам мультиспектральных летних и осенних съемок модельных деревьев (А), по набору рассчитанных индексов (Б). Цветом обозначены модельные деревья различных пород: сухостой (●), берёза (●), осина (●), сосна (●), ель (●), пихта (●).

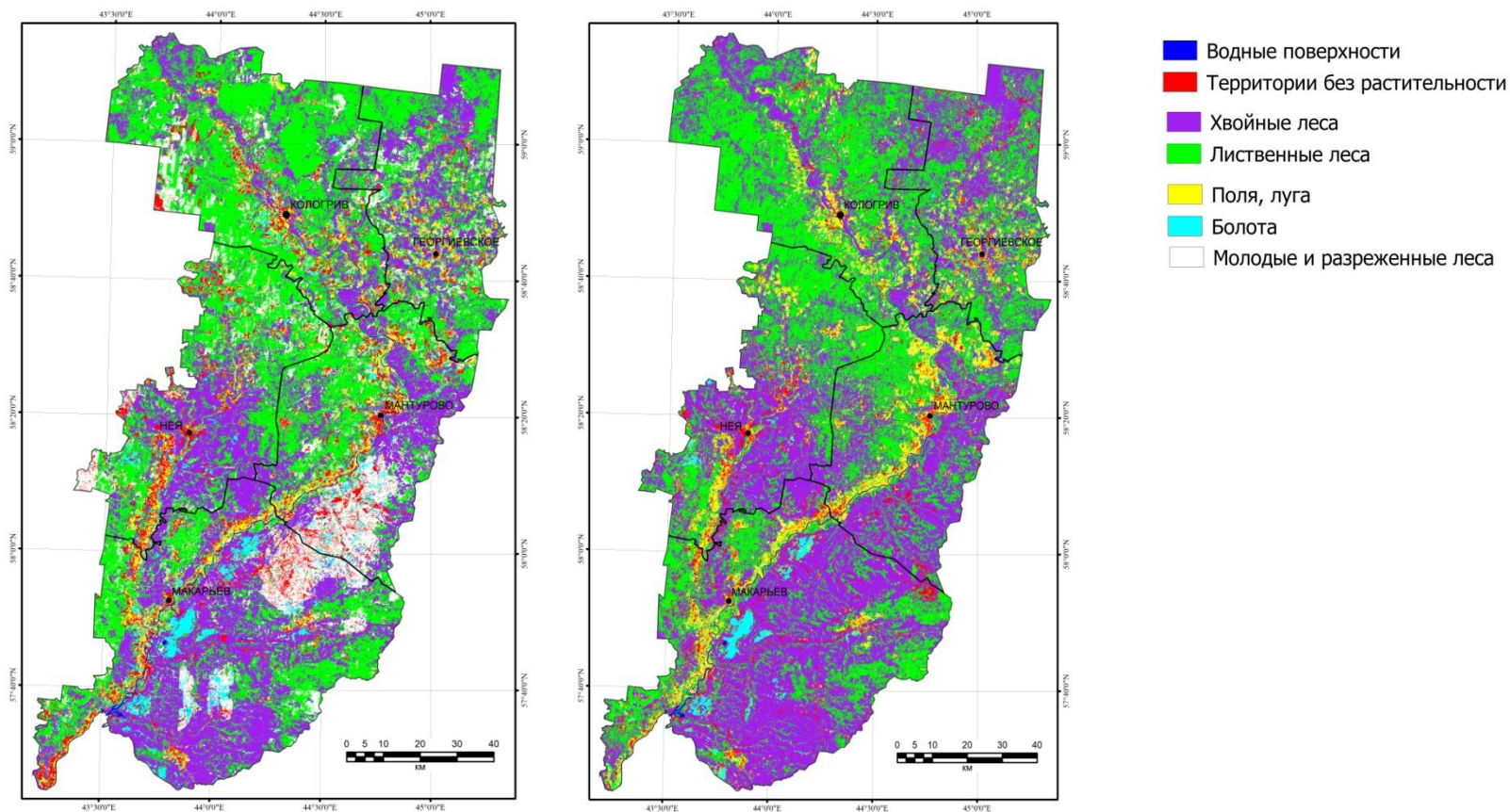


Рис. 2. Растительный покров ряда районов Костромской области. Обработка съемки спутников серии *Landsat*, временные срезы 1985.08.08 (А) и 2018.08.10 гг. (Б).

Пространственное разрешение пикселя MODIS ниже, чем у Landsat (250 м у MODIS и 30 м у Landsat), поэтому для анализа использовали только те элементы изображения MODIS, для которых более 80% покрытия относится к одному классу по Landsat. Для съемки MODIS лесопокрытые территории, удовлетворяющие таким условиям, составили 12,2% (от общей площади территории) для хвойных и 9,4% для лиственных лесов.

Территории на которых классы растительности в 1985 и 2018 гг. остались прежними

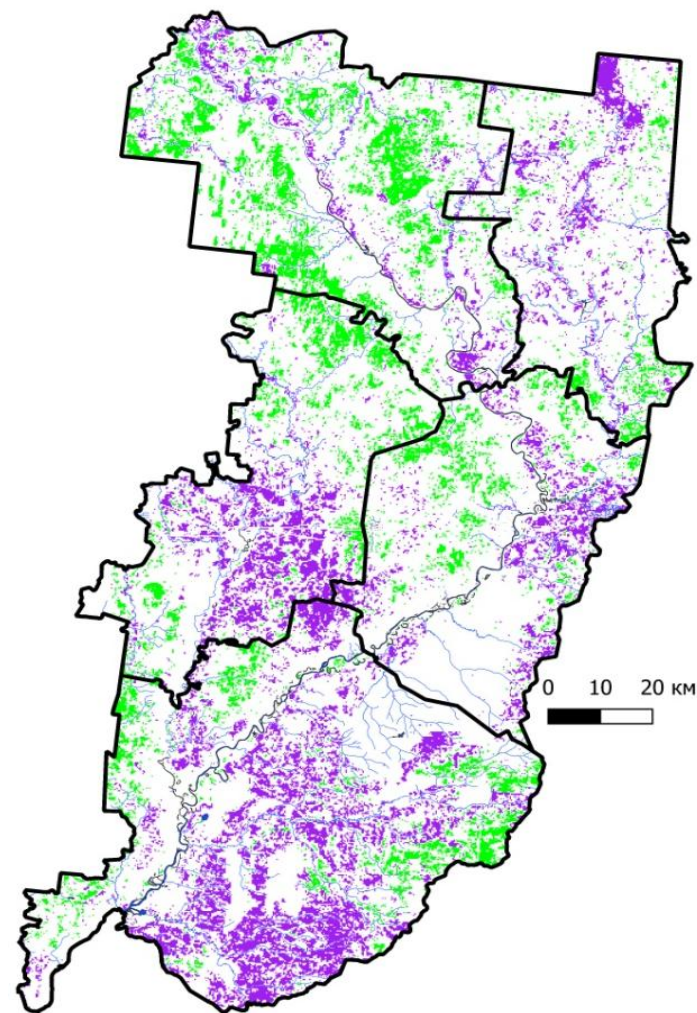
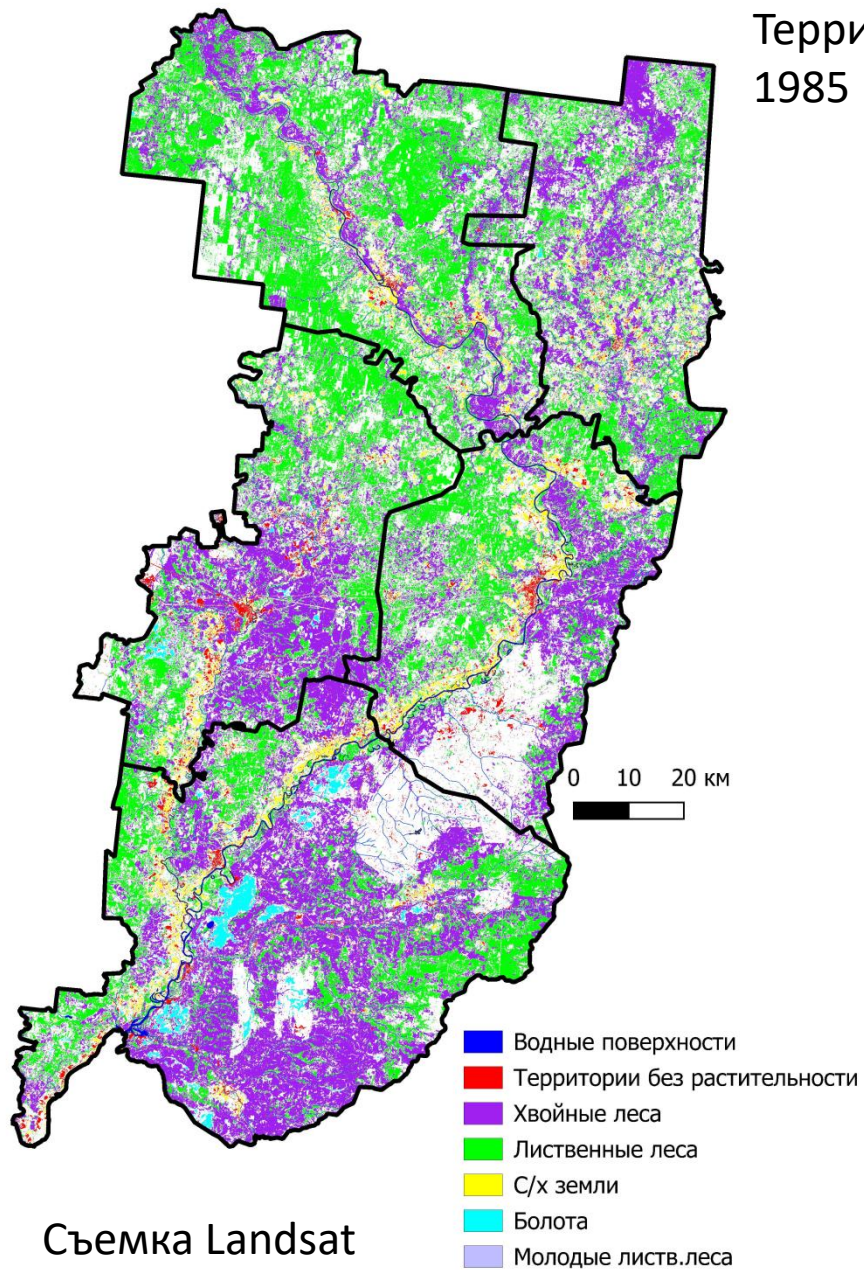


Таблица. Изменение площадных показателей доминирующих классов рассмотренного участка (%)*

		1985 г.							
		кл 1	кл 2	кл 3	кл 4	кл 5	кл 6	кл 7	Итого:
2018 г.	кл 1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,004	0,1	0,1	0,9
	кл 2	0,1	1,5	1,5	1,0	0,5	0,5	0,6	5,8
	кл 3	0,1	1,5	25,9	11,4	0,1	0,7	4,1	43,8
	кл 4	0,01	1,9	4,2	26,2	0,6	0,3	6,4	39,7
	кл 5	0,03	1,8	0,3	0,5	1,6	0,7	0,7	5,6
	кл 6	0,01	0,2	0,1	0,2	0,1	0,9	0,1	1,6
	кл 7	0,01	0,6	0,4	0,5	0,3	0,2	0,6	2,6
	Итого:	0,6	7,6	32,6	39,9	3,2	3,3	12,7	

*классы: 1 – водные поверхности; 2 – территории без растительности; 3 – хвойные леса; 4 – лиственные леса; 5 – с/х земли; 6 – болота; 7 – молодозрелые лиственные леса.

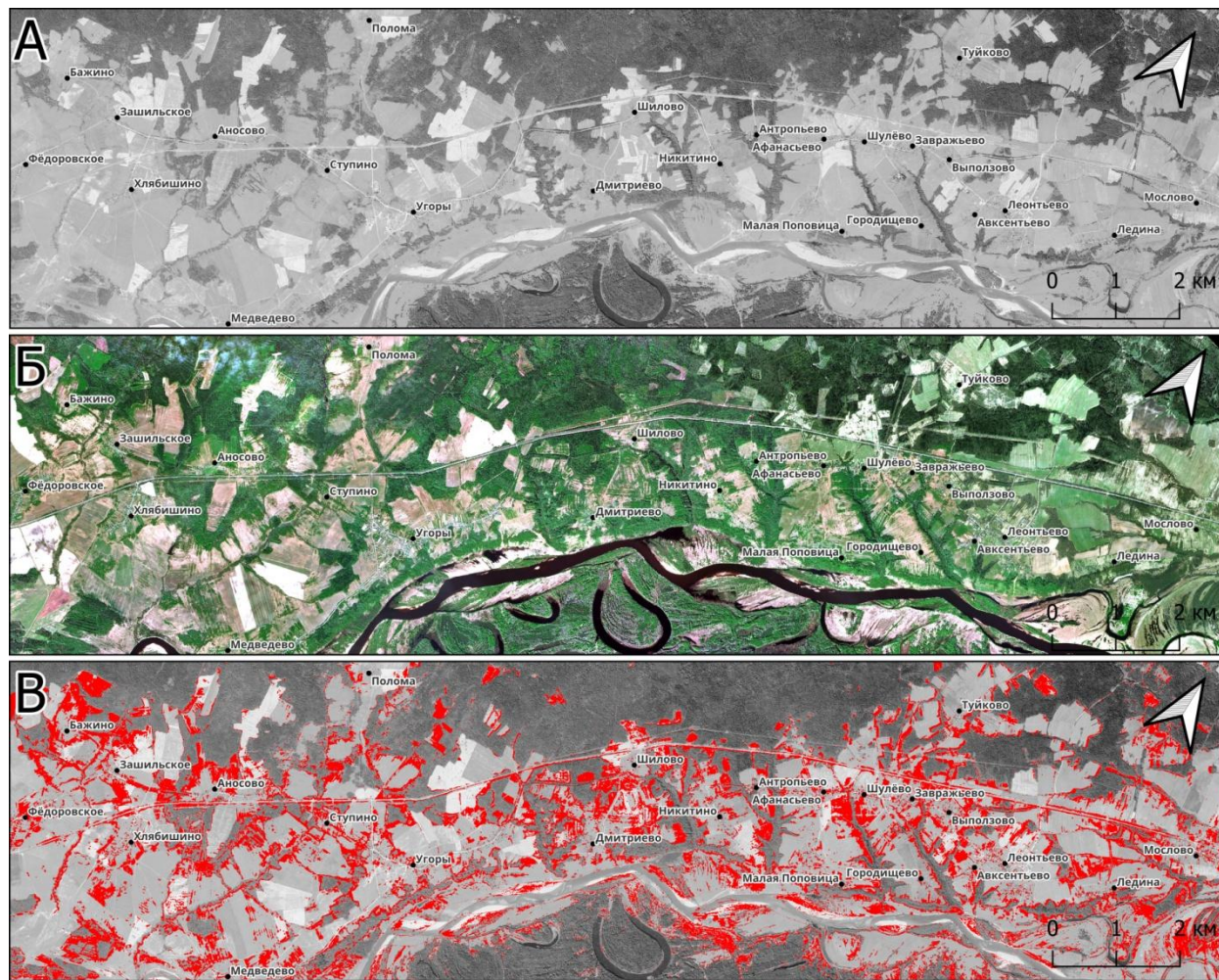


Рис. Участки зарастаний с/х угодий Мантуровского района. Спутниковая съемка Corona KH-2 от 19.08.1973 (А), ESRI Imagery от 29.04.2023 (Б); результат сравнения изображений (В): выделены с/х угодья заросшие лесной/кустарниковой растительностью за период 1973-2023 гг. (В).

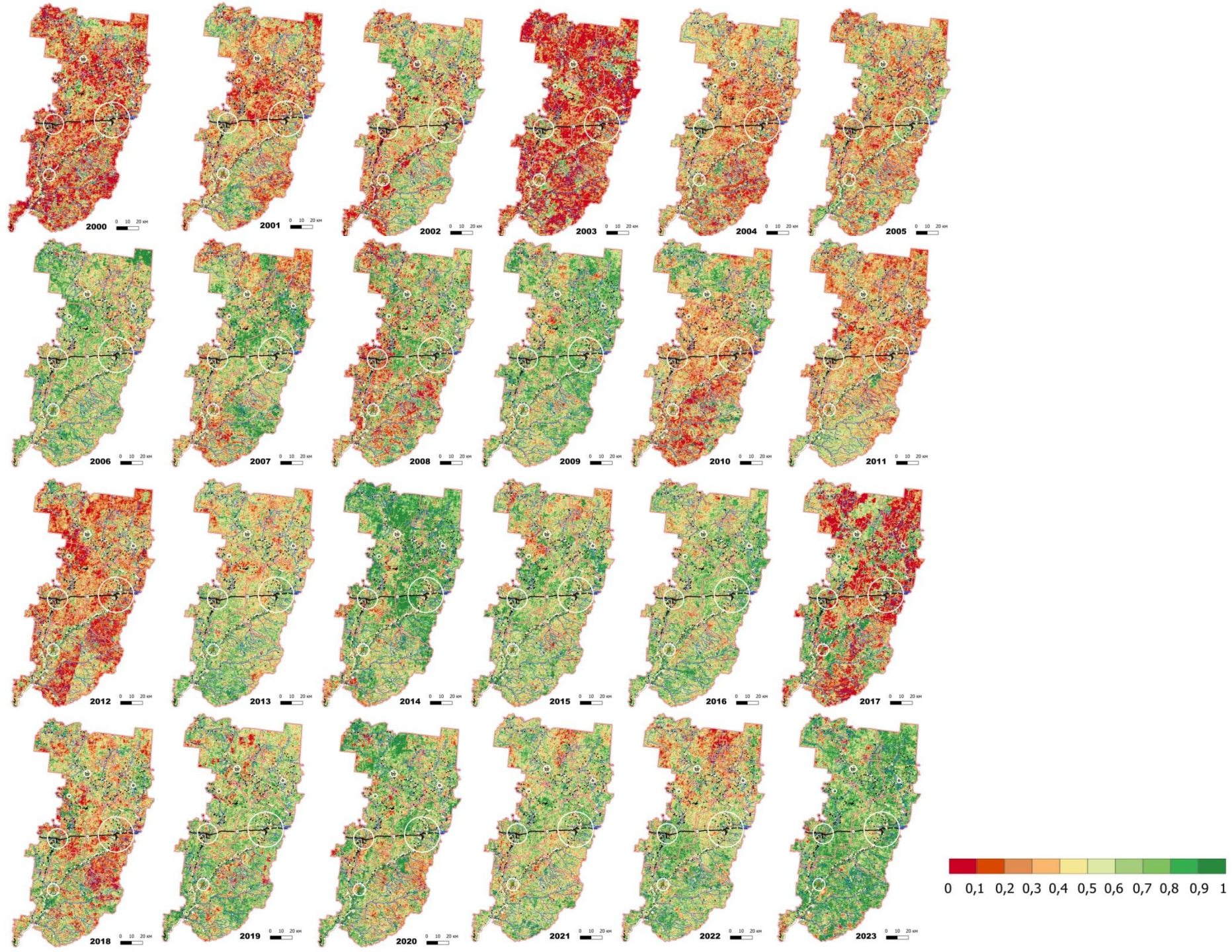
Анализ межгодового хода EVI

Для анализа многолетней изменчивости состояния растительности использовался индекс IVCI (*англ.* Integral Vegetation Condition Index — интегральный индекс условий вегетации), аналог индекса VCI (Liu, Kogan, 1996) с заменой сезонных значений одного вегетационного сезона на годовые:

$$IVCI_i = (EVI_i - EVI_{\min}) / (EVI_{\max} - EVI_{\min}) \quad (1),$$

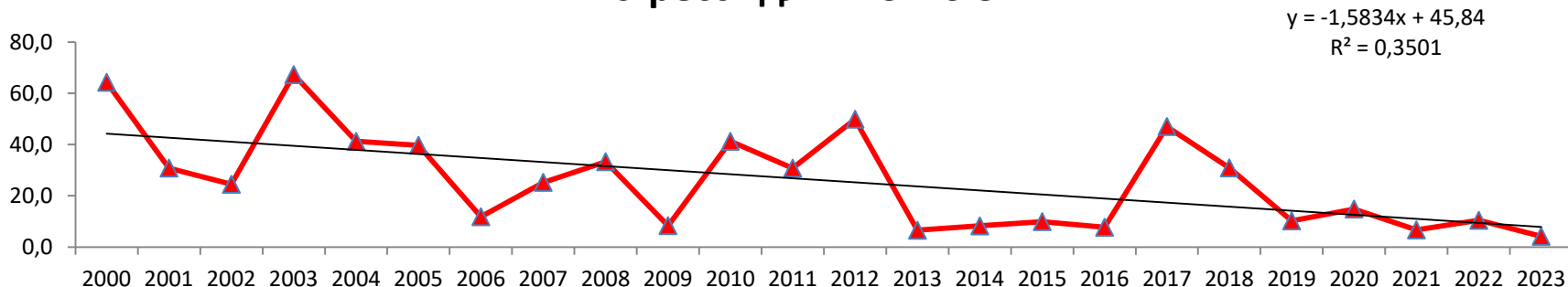
где EVI_i — значение EVI в текущем году; EVI_{\min} , EVI_{\max} — минимальное и максимальное значения за весь период исследований.

Значения IVCI до 0,3 свидетельствуют о стрессовом состоянии растительности, от 0,3 до 0,7 — об удовлетворительном, близком к среднему многолетнему, а значения более 0,7 — о хорошем состоянии при благоприятных погодных условиях (Liu, Kogan, 1996)

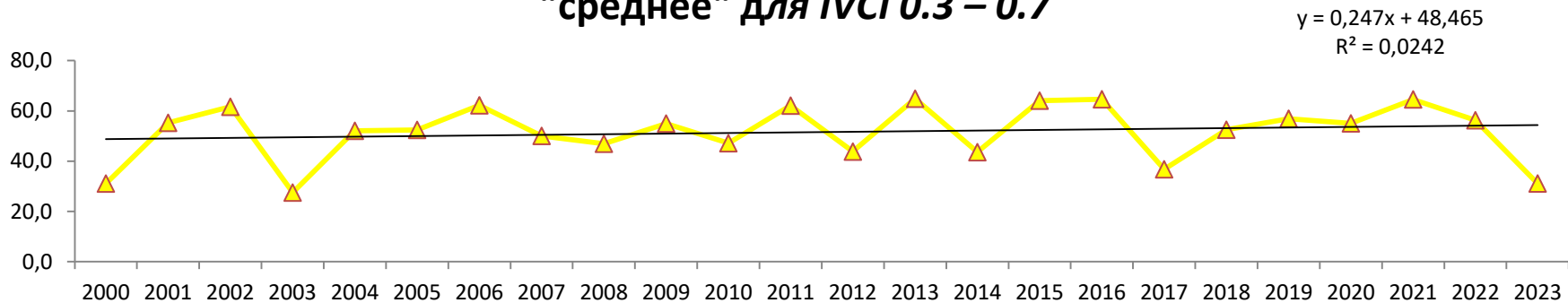


«Коренные хвойные леса»

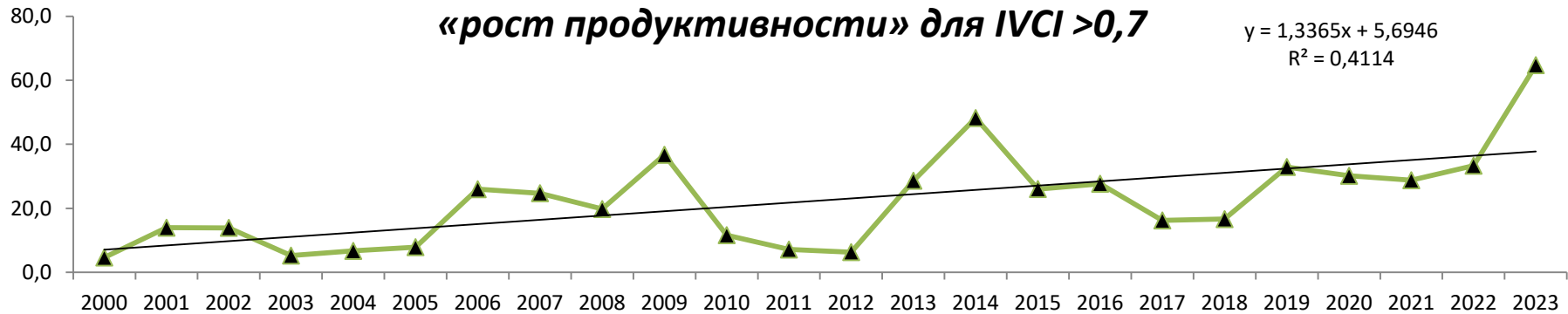
"стресс" для $IVCI < 0.3$



"среднее" для $IVCI 0.3 - 0.7$

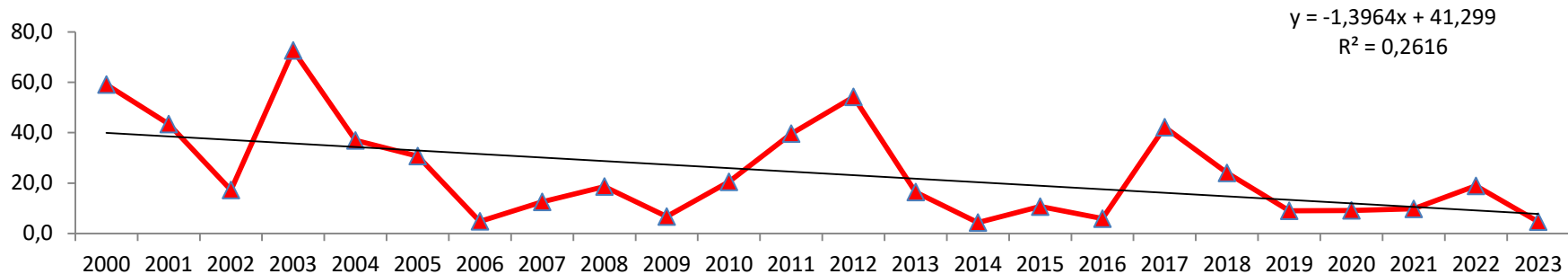


«рост продуктивности» для $IVCI > 0,7$

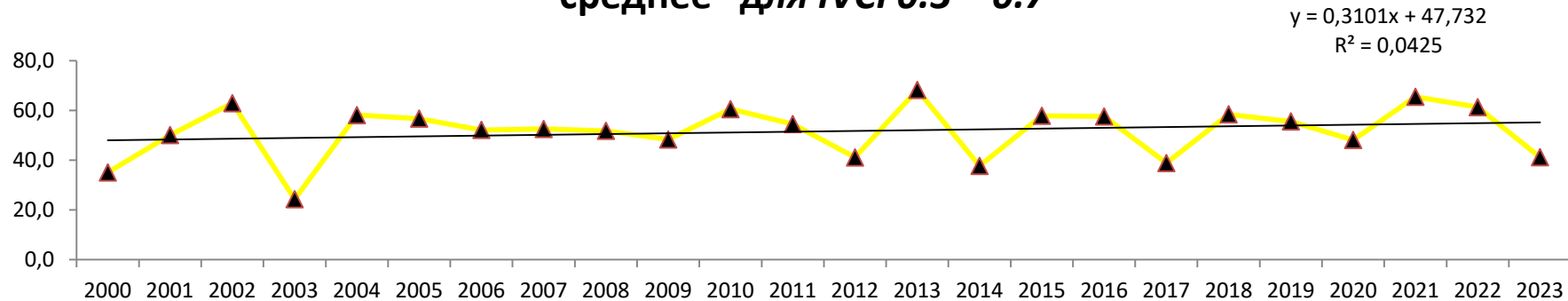


«Коренные лиственные леса»

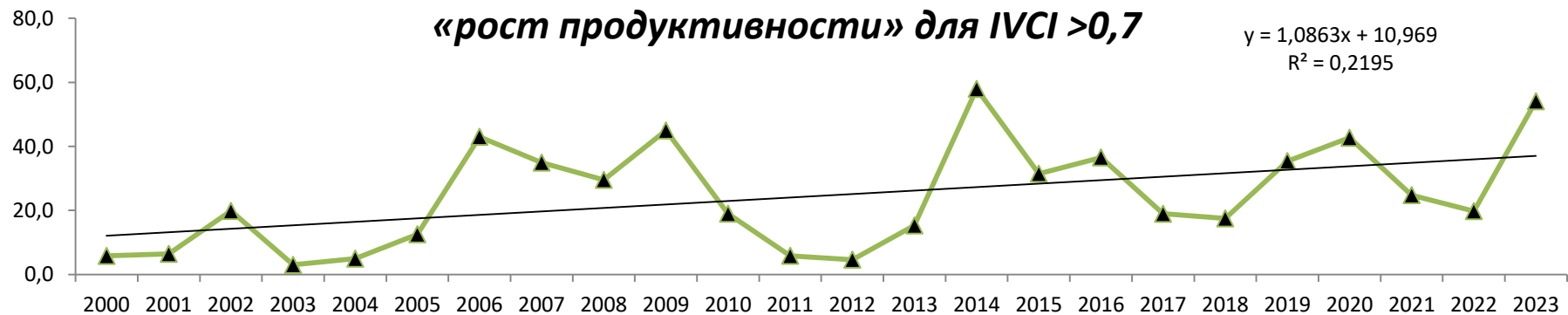
"стресс" для IVCI < 0.3



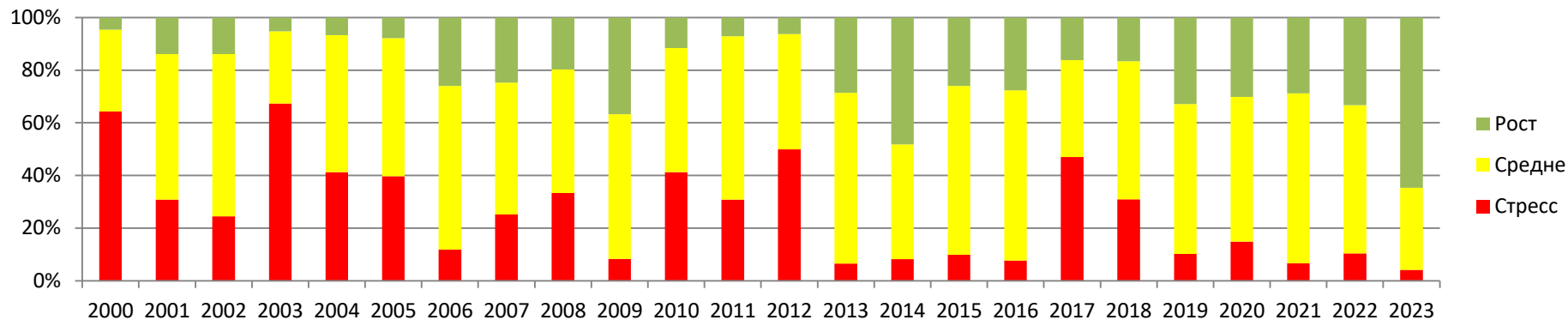
"среднее" для IVCI 0.3 – 0.7



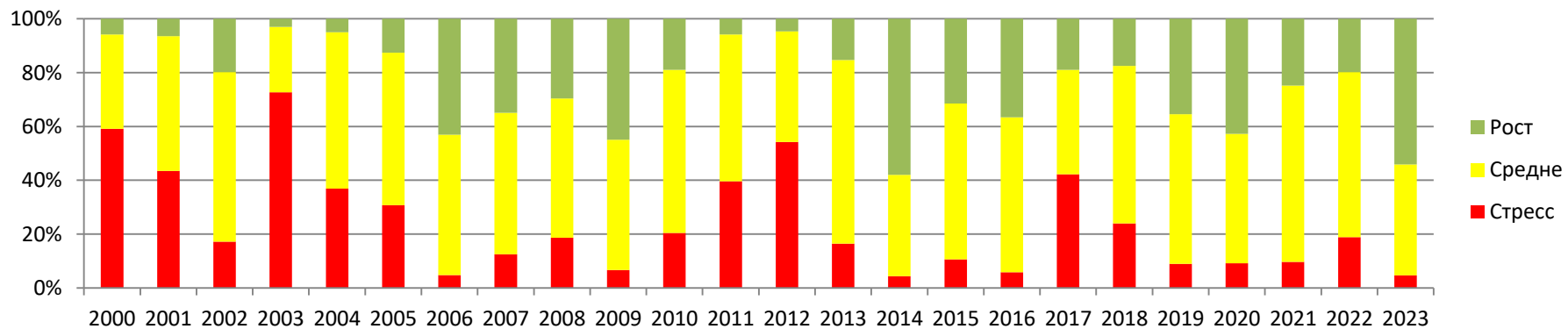
«рост продуктивности» для IVCI > 0,7

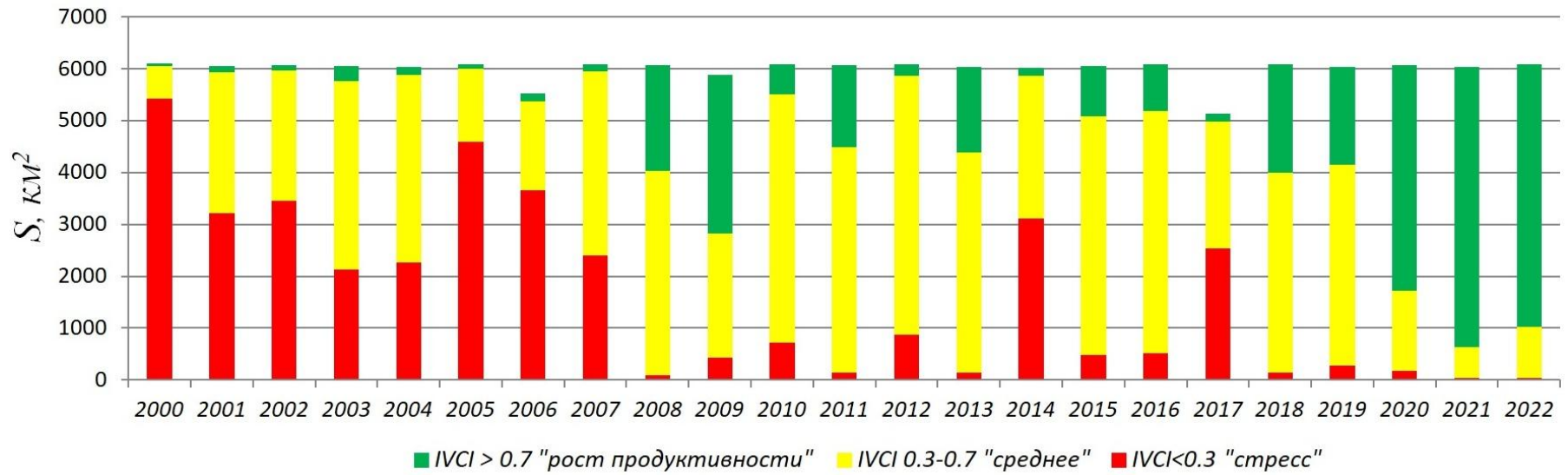
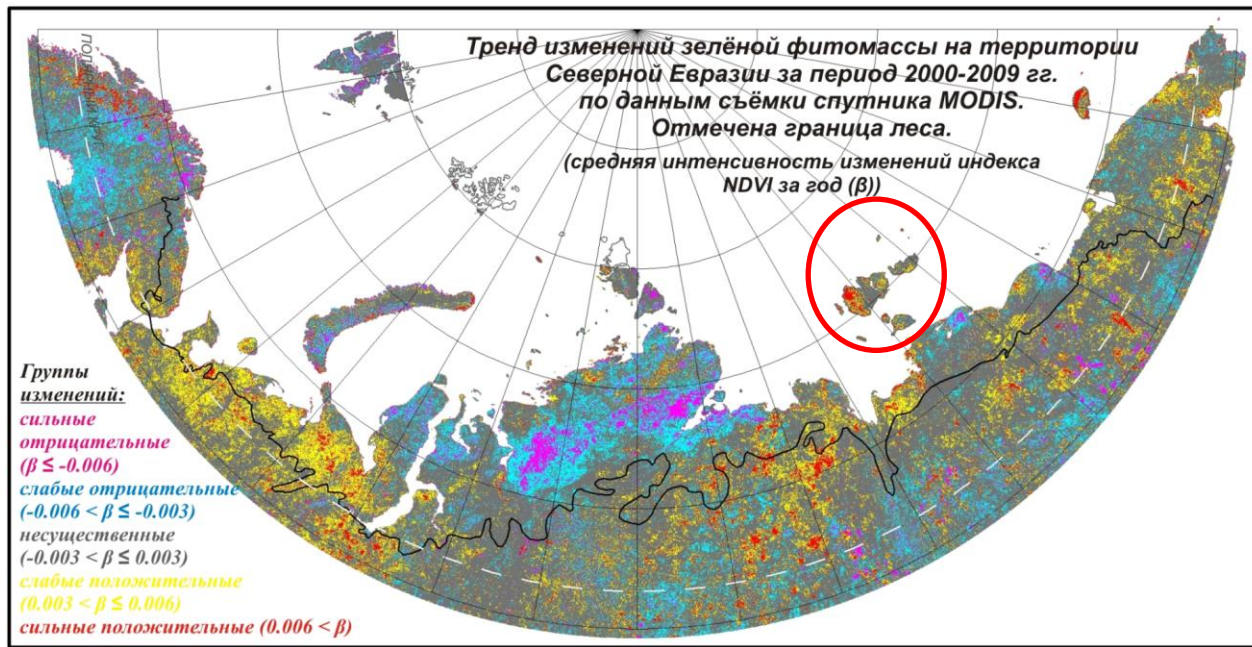


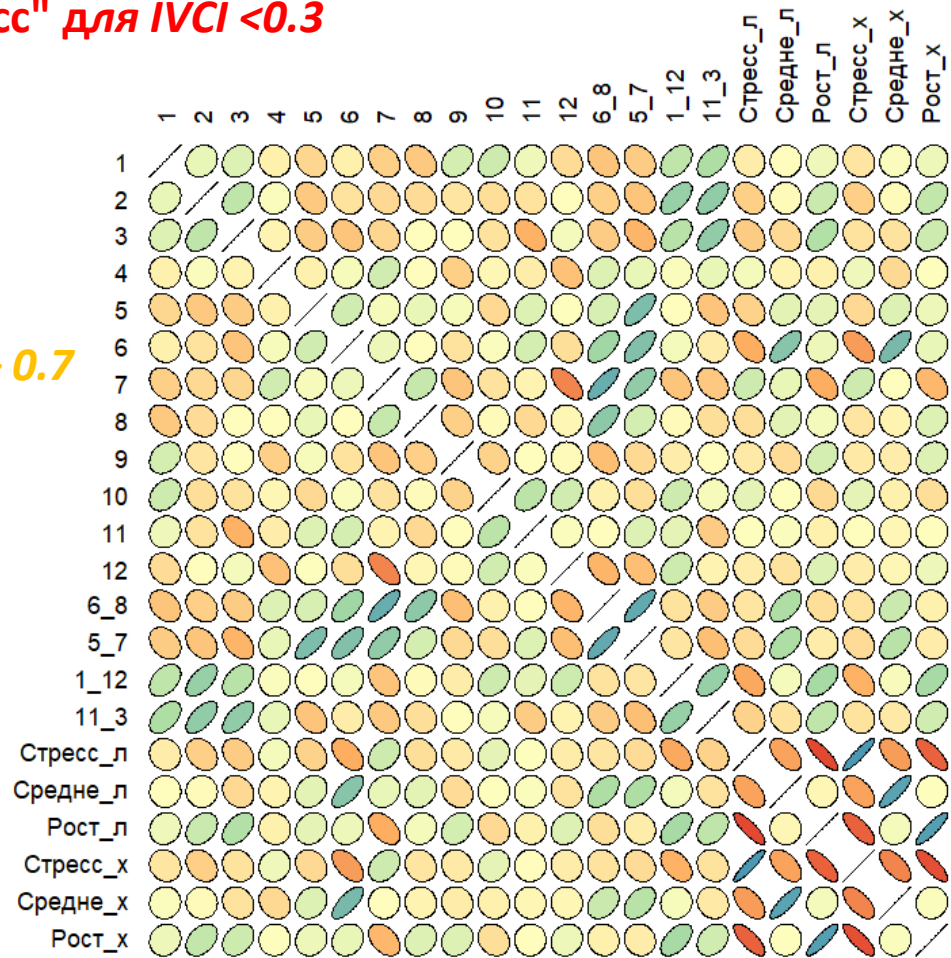
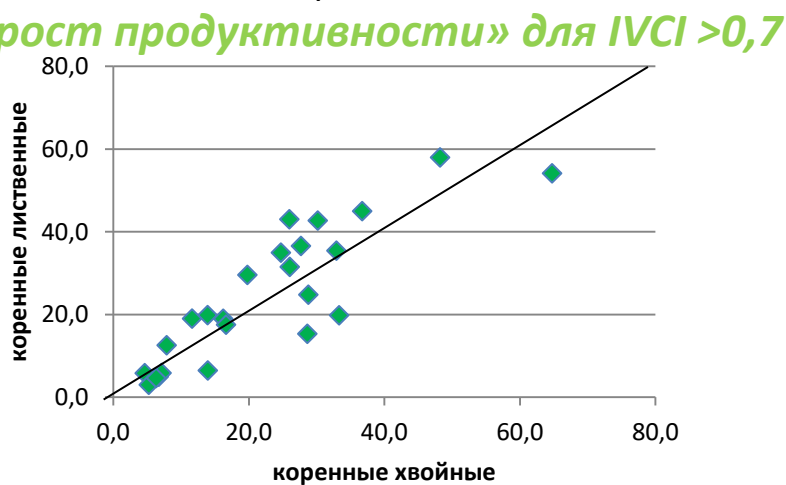
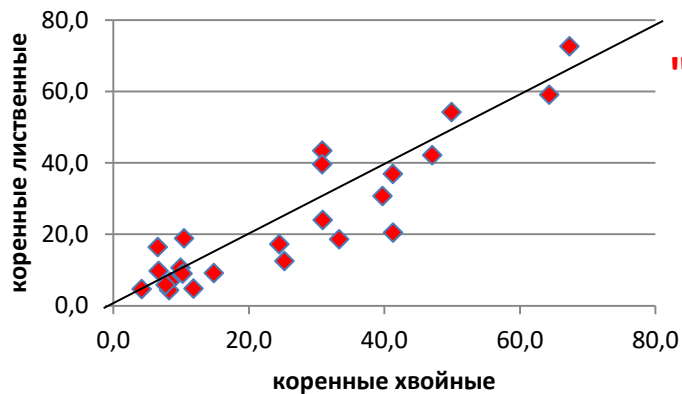
Ход IVСI для коренных хвойных лесов



Ход IVСI для коренных лиственных лесов

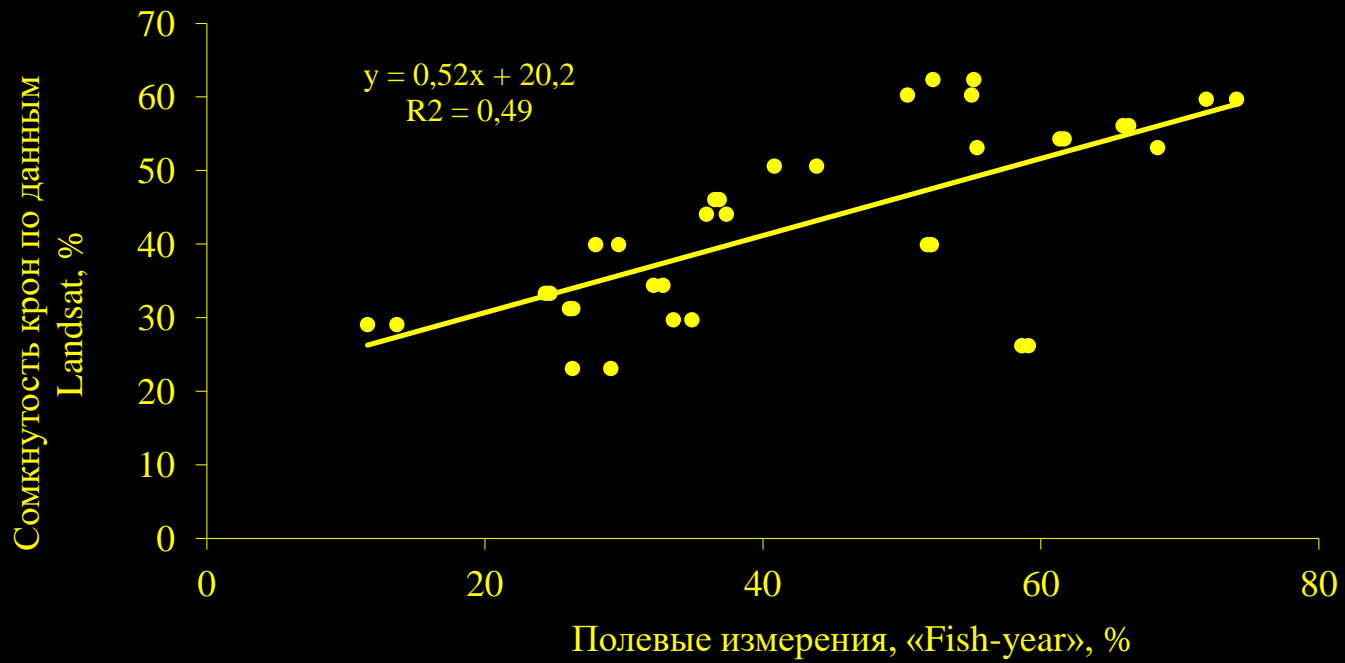






Температура июня наиболее важный фактор

Для средних величин индекса хвойных $r = 0,72$
 лиственных $r = 0,67$



10%

34%

37%



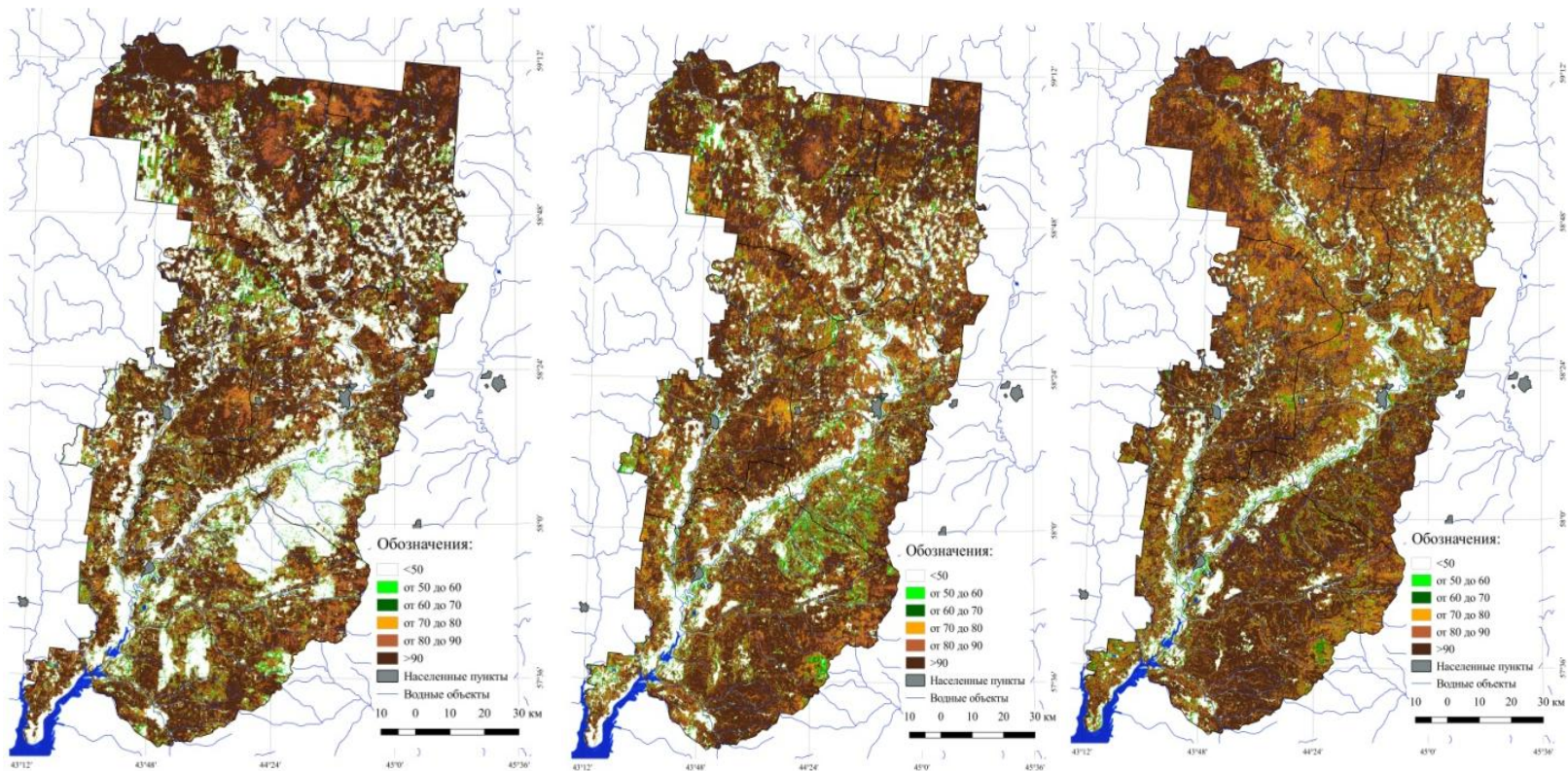


Рис. Рассчитанные показатели сомкнутости крон по съемкам спутника серии Landsat (А – 8.03.1985, Б – 22.03.1996, В – 27.03.2015).

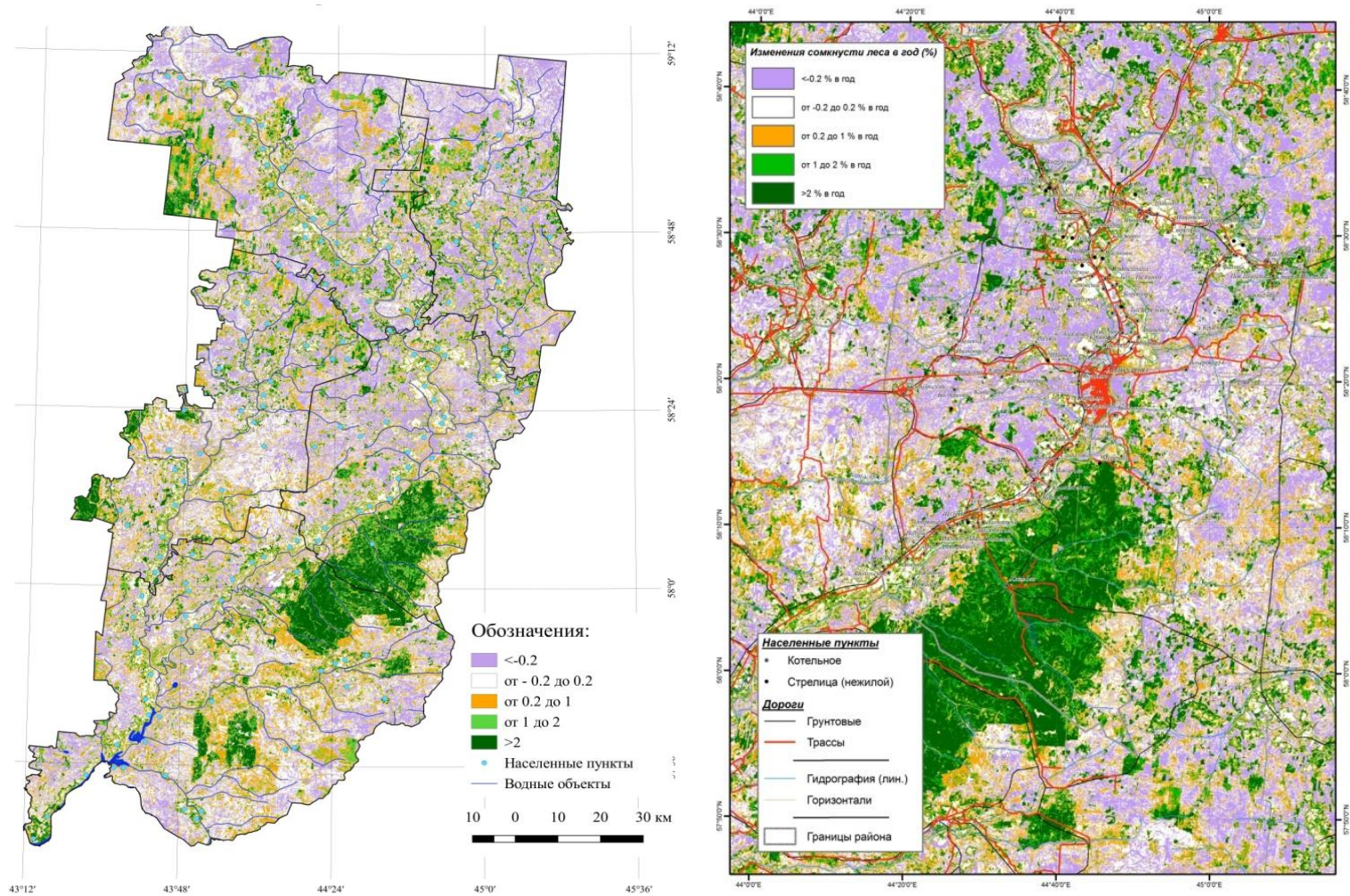
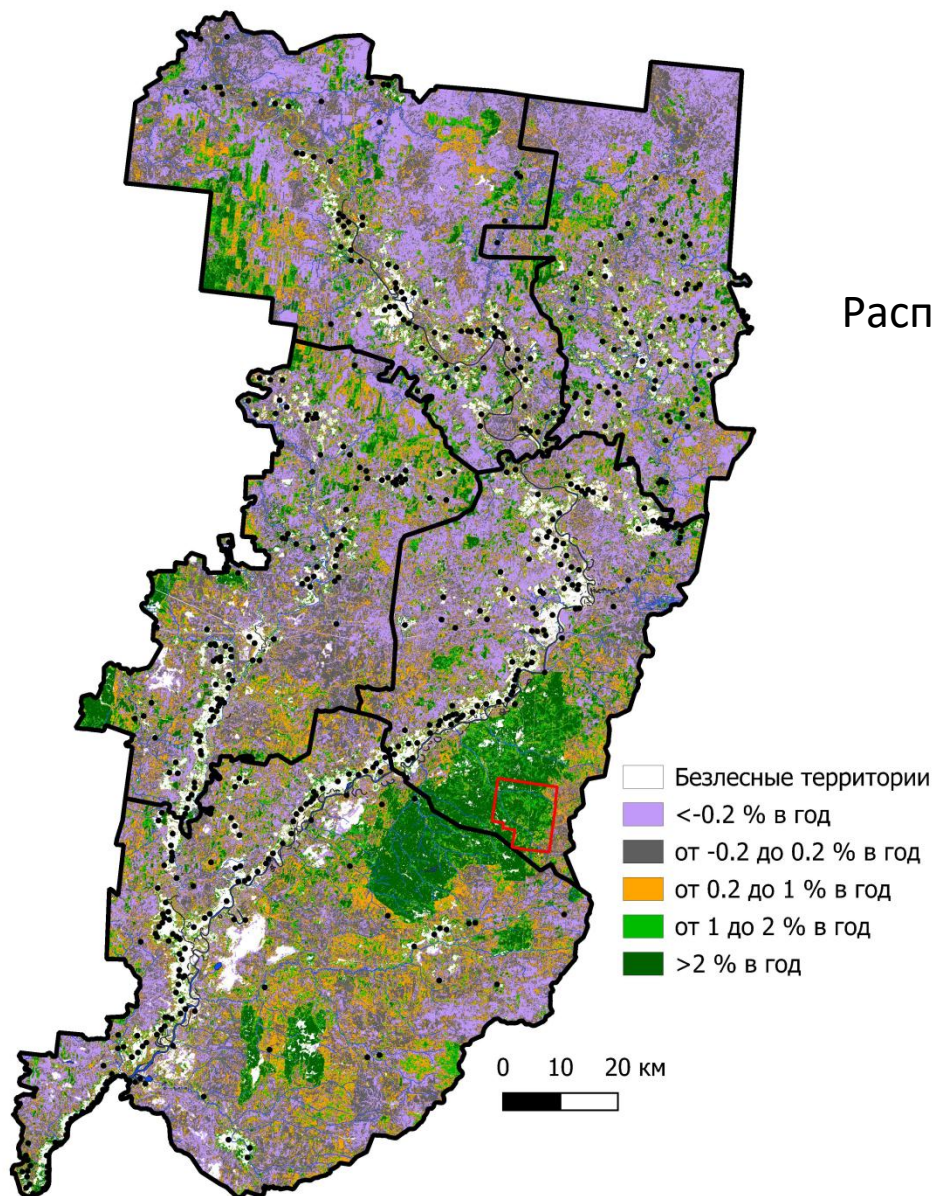
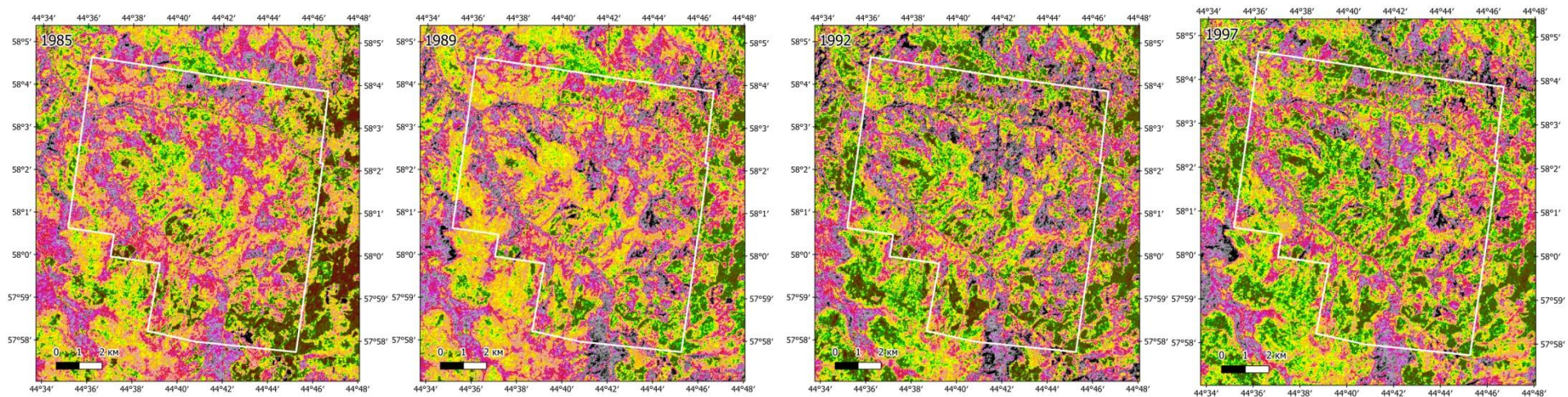


Рис. Суммарный тренд изменений сомкнутости кроны по снимкам Landsat за период 1985-2019 гг. Общий вид всей территории (А), участок гари на границе Мантуровского/Макарьевского районов (Б).

Расположение ООПТ «Кологривский лес»



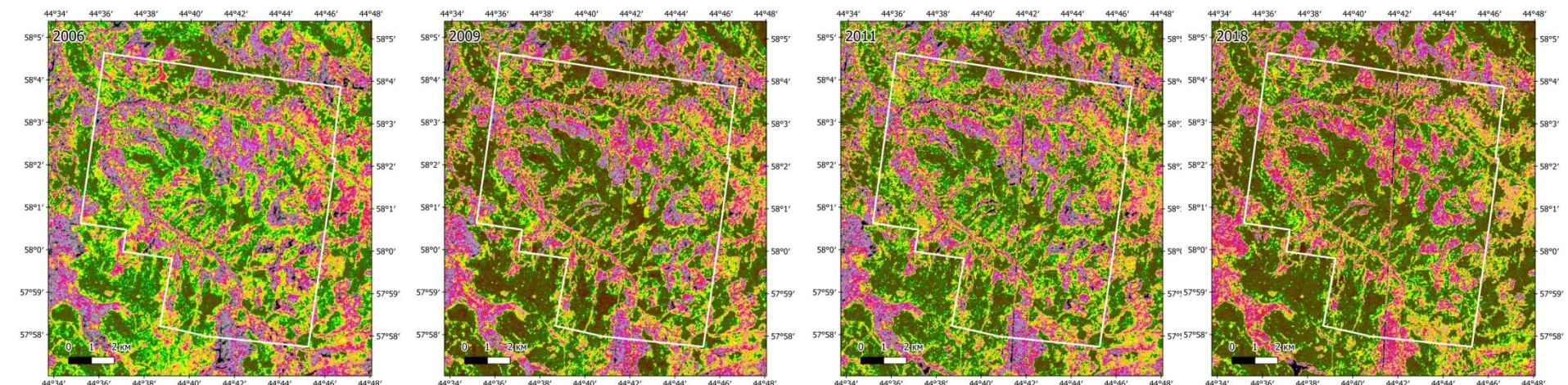


TM5 08.08.1985

TM5 19.08.1989

TM5 11.08.1992

TM5 09.08.1997



TM5 02.08.2006

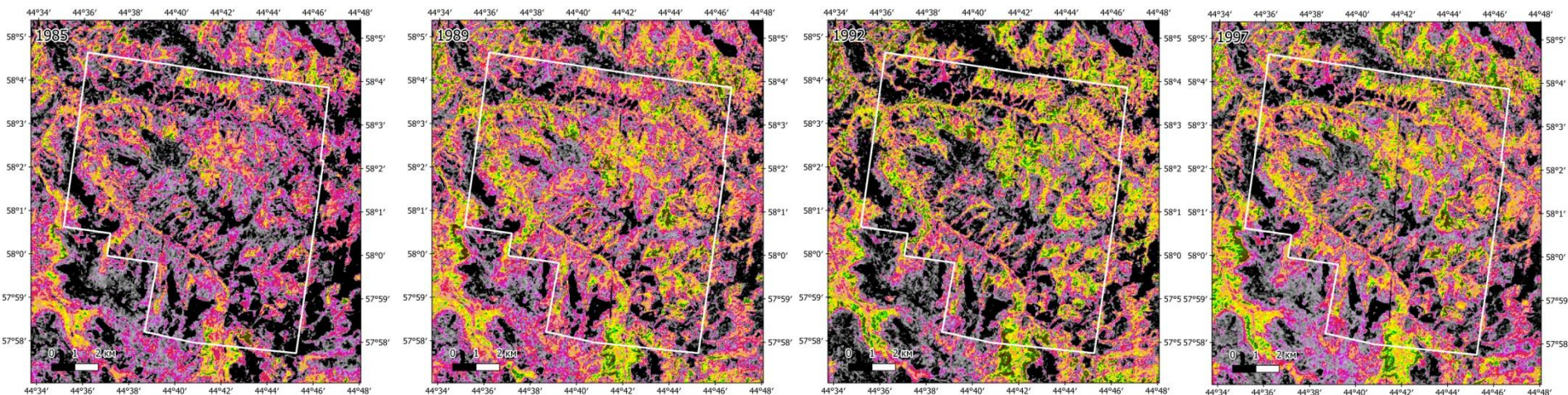
TM5 10.08.2009

TM5 16.08.2011

OLI 10.08.2018



Рис. Доля хвойных пород в пологе леса на участке ООПТ «Кологривский лес»

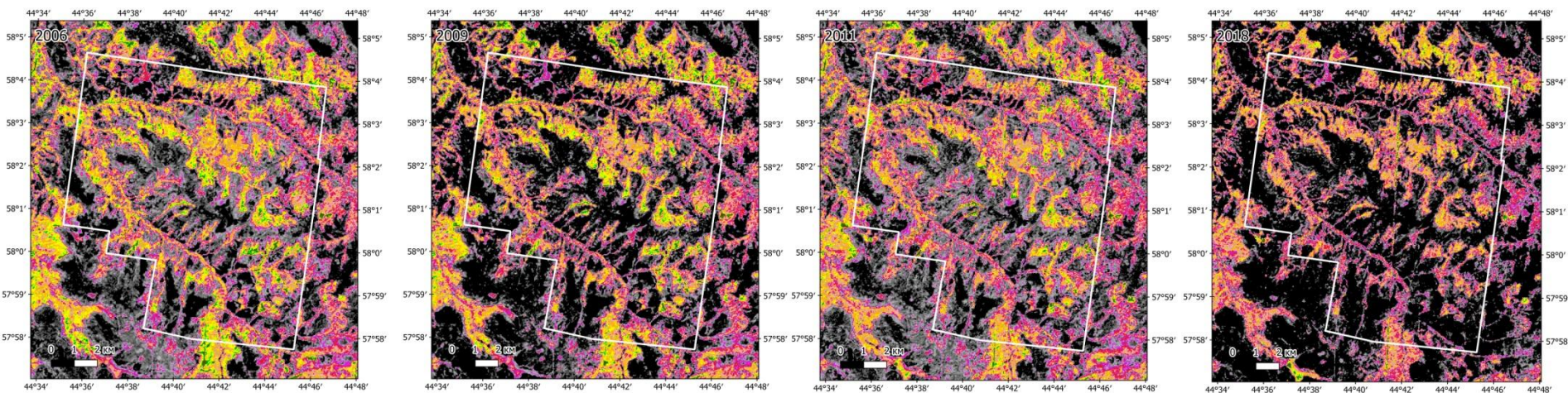


TM5 08.08.1985

TM5 19.08.1989

TM5 11.08.1992

TM5 09.08.1997



TM5 02.08.2006

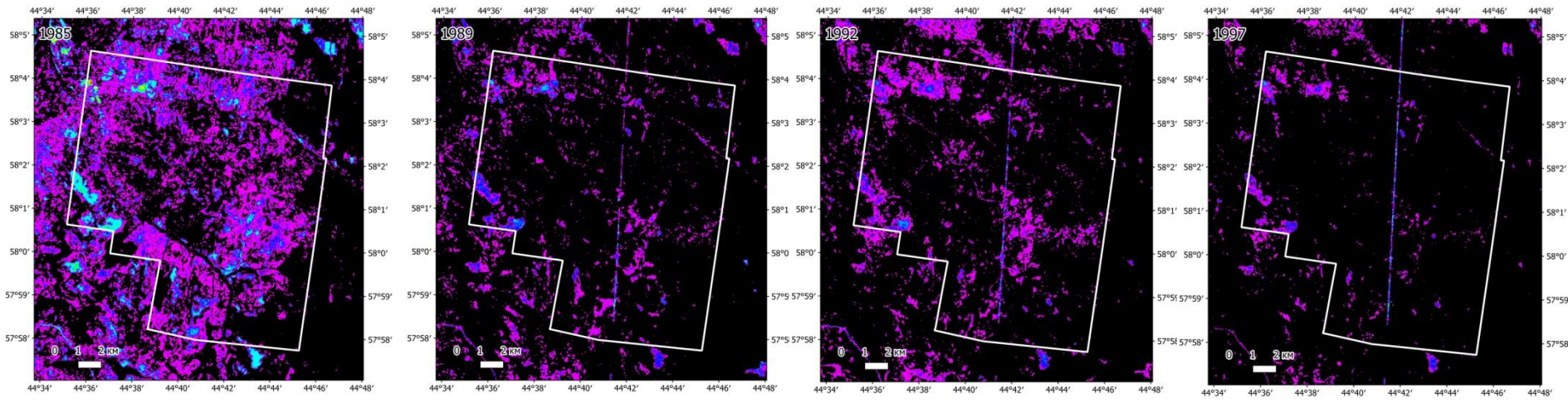
TM5 10.08.2009

TM5 16.08.2011

OLI 10.08.2018



Рис. Доля лиственных пород в пологе леса на участке ООПТ «Кологривский лес»

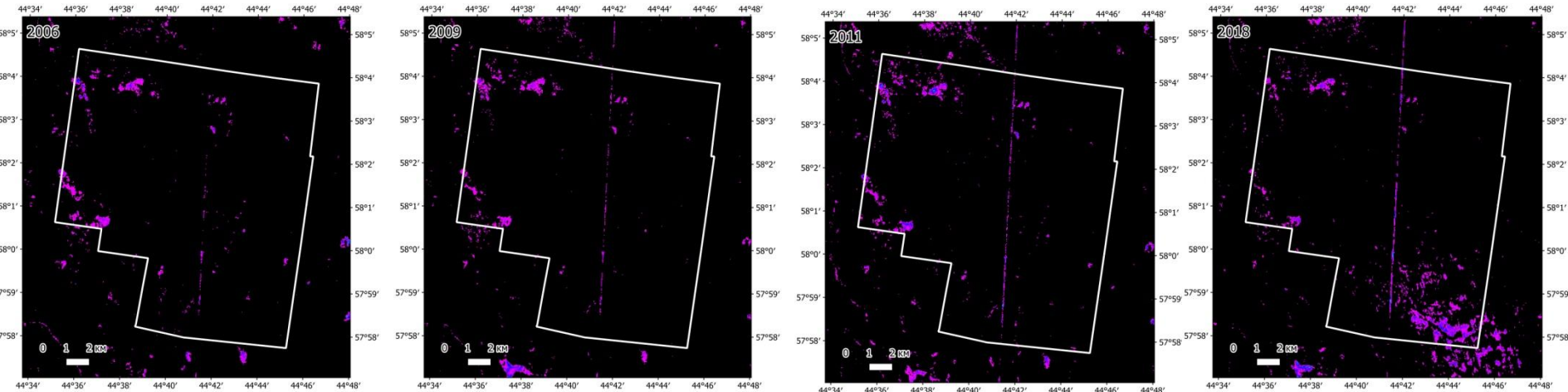


TM5 08.08.1985

TM5 19.08.1989

TM5 11.08.1992

TM5 09.08.1997



TM5 02.08.2006

TM5 10.08.2009

TM5 16.08.2011

OLI 10.08.2018

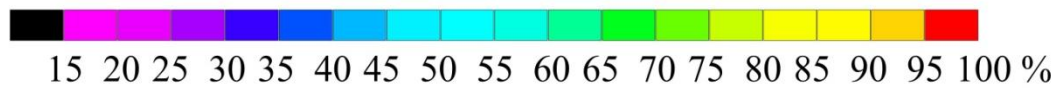


Рис. Доля нарушенных участков на участке ООПТ «Кологривский лес»

Выводы:

1. Для 30 летнего временного периода (2018 г. – 1985 г.) наблюдается рост лесопокрытых территорий от 72,5% до 83,4% на территории пять районов Костромской области;
2. Коренные лесные территории испытывают менее выраженные изменения, чем ранее нарушенные (показатели сомкнутости, спектральные индексы);
3. Наблюдается активное зарастание заброшенных с/х земель, прежде всего по краевым участкам
4. В пределах лесопокрытых территорий наблюдается рост более продуктивных сообществ, снижение менее продуктивных, основной драйвер изменений – ПТВ июня
5. Наибольший рост продуктивности наблюдали для «коренных» лиственных лесов

Спасибо за внимание!

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) в рамках реализуемого на базе НИУ «Высшая школа экономики» проекта № 24-68-00055 «Из прошлого в будущее: сельские сообщества в условиях постаграрного вектора трансформаций».