



ПЕРМСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Классика будущего

# ОЦЕНКА ПОДВЕРЖЕННОСТИ ВЕТРОВАЛАМ ЛЕСОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

---

Семакина А.В.

Шихов А.Н.

Климина Е.А.

*При поддержке гранта РФФИ и Пермского края № 24-27-20111*

Пермь, 2024



## Оценка подверженности ветровалам лесов Пермского края

Ветровалы — одни из значимых видов нарушений лесного покрова бореальной зоны.

Изучению факторов, определяющих подверженность лесов ветровалам, оценке и моделированию подверженности лесов ветровалам и расчетам риска ветровалов посвящено множество публикаций во многих странах мира.

При этом закономерности, определяющие характер и степень повреждения лесов ветровалами в России, остаются малоизученными.

**Цель:** получение оценки подверженности лесов ветровалам на основе современных продуктов обработки спутниковых данных (на примере Пермского края).

Для этого создана модель машинного обучения для оценки и картографирования подверженности лесов ветровалам на основе метода Random Forest Regressor.

# Факторы, влияющие на подверженность лесов ветровалам

---



ПЕРМСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
Классика будущего

## Характеристики насаждения

- Породный состав
- Возраст
- Высота
- Диаметр ствола
- Свойства кроны
- Структура корневой системы
- Полнота древостоя

## Характеристики местоположения

- Климатические
- Орографические
- Почвенно-гидрологические

## Характер лесопользования

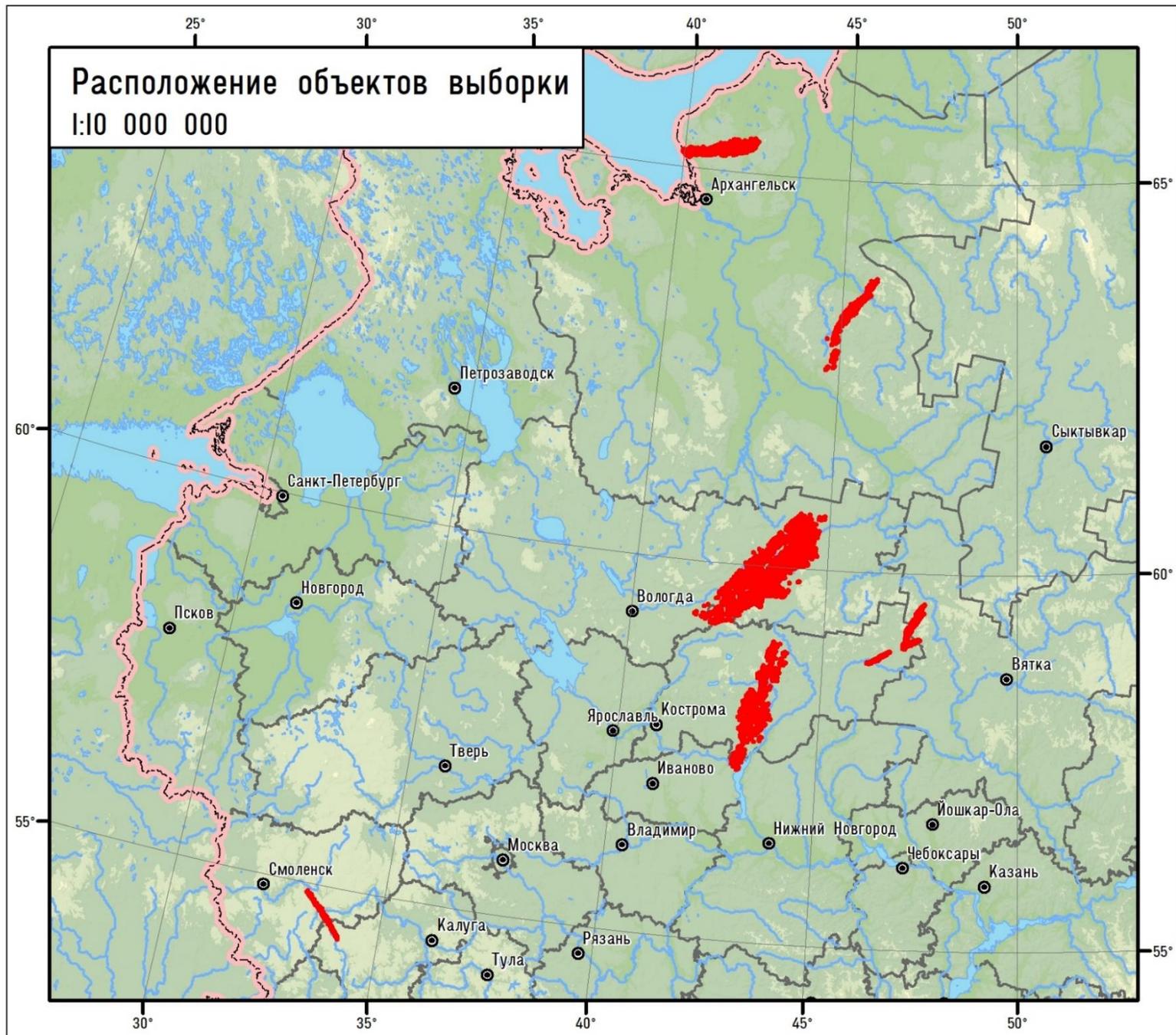
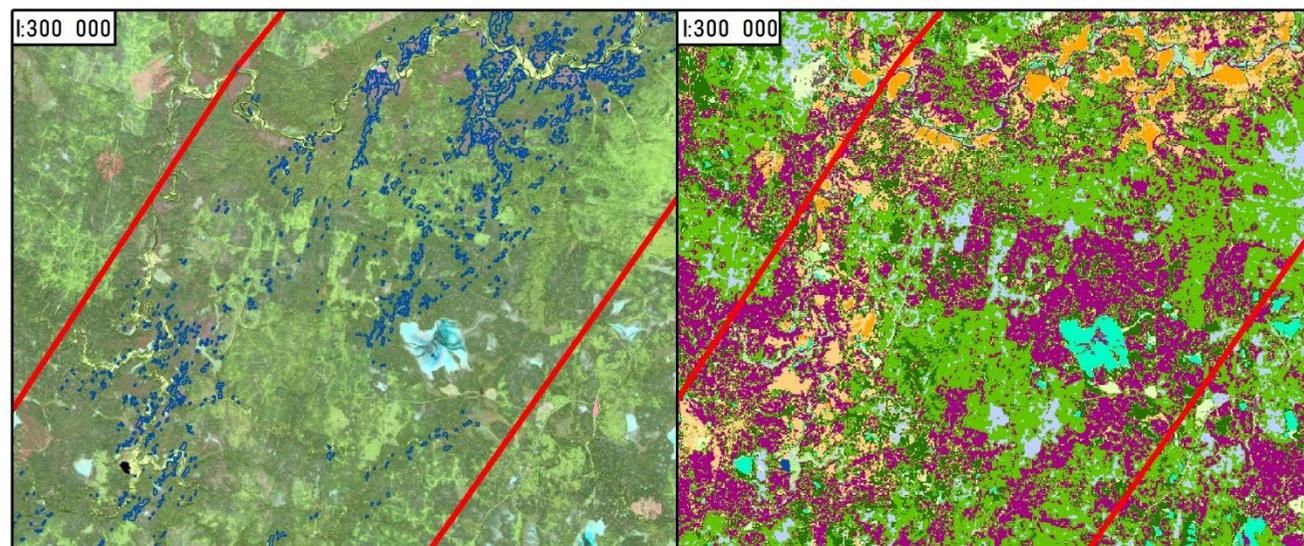


Рис.1. Случаи ветровалов, включенные в обучающую выборку

# Характеристики насаждений



ПЕРМСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
Классика будущего



Sentinel - 2A  
Комбинация каналов RED-RED Edge I-NIR-SWIR I  
Ветровал  
Минимальная ограничивающая геометрия

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Лесовосстановление
- Луга
- Темнохвойные леса (возраст от 35-40 лет)
- Смешанные леса (возраст от 35-40 лет)
- Сосновые леса (возраст от 35-40 лет)
- Открытый грунт
- Смешанные леса (возраст менее 35-40 лет)
- Лиственные леса (возраст менее 35-40 лет)
- Болота
- Сосновые заболоченные леса (возраст от 40 лет)
- Водная поверхность
- Минимальная ограничивающая геометрия

Рис.2. Результаты классификации по преобладающей лесообразующей породе.

# Характеристики насаждений



ПЕРМСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
Классика будущего

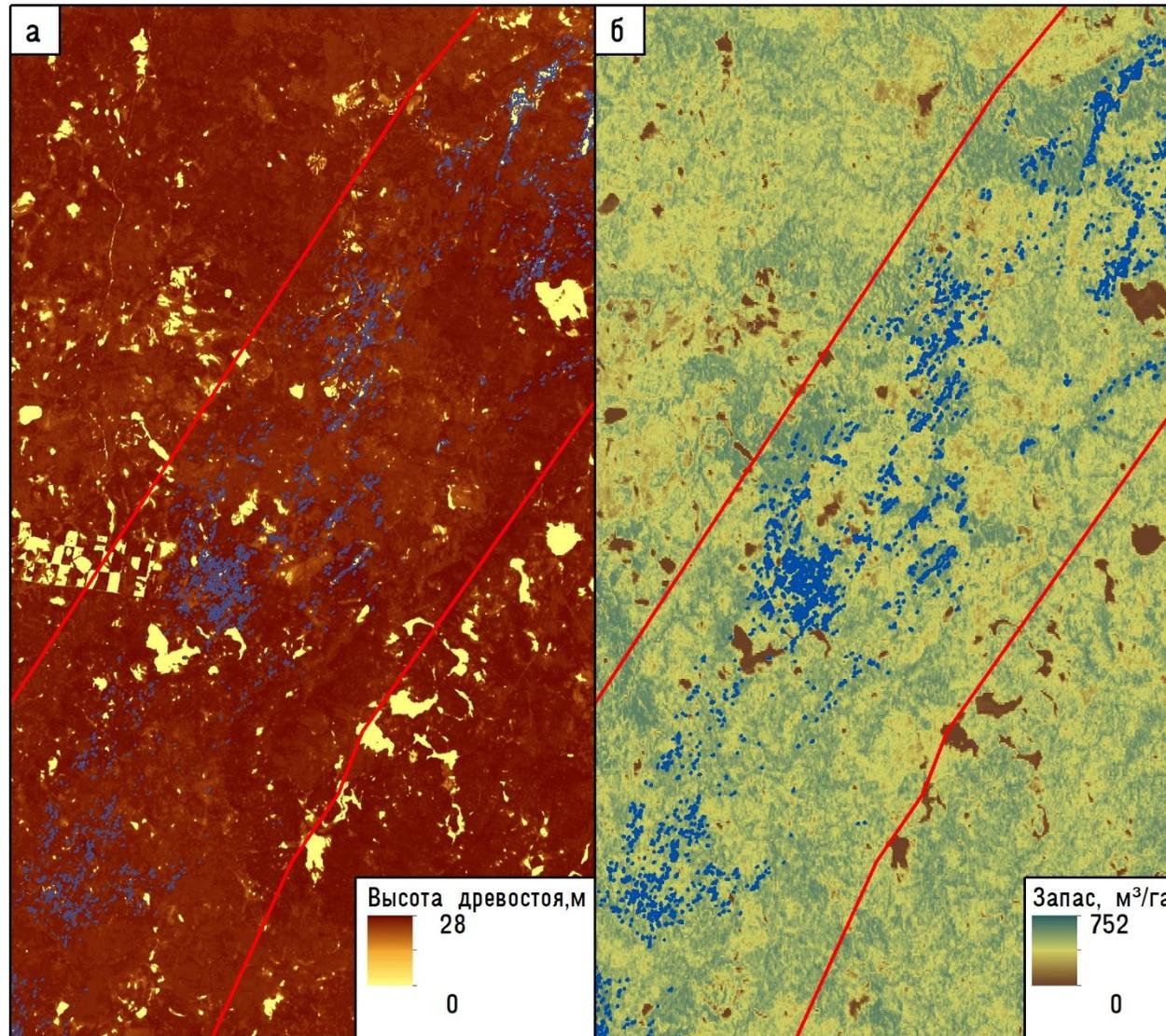


Рис.3.Пример пространственного распределения характеристик насаждения:  
а – высота древостоя; б – запас древесины

# Факторы местоположения

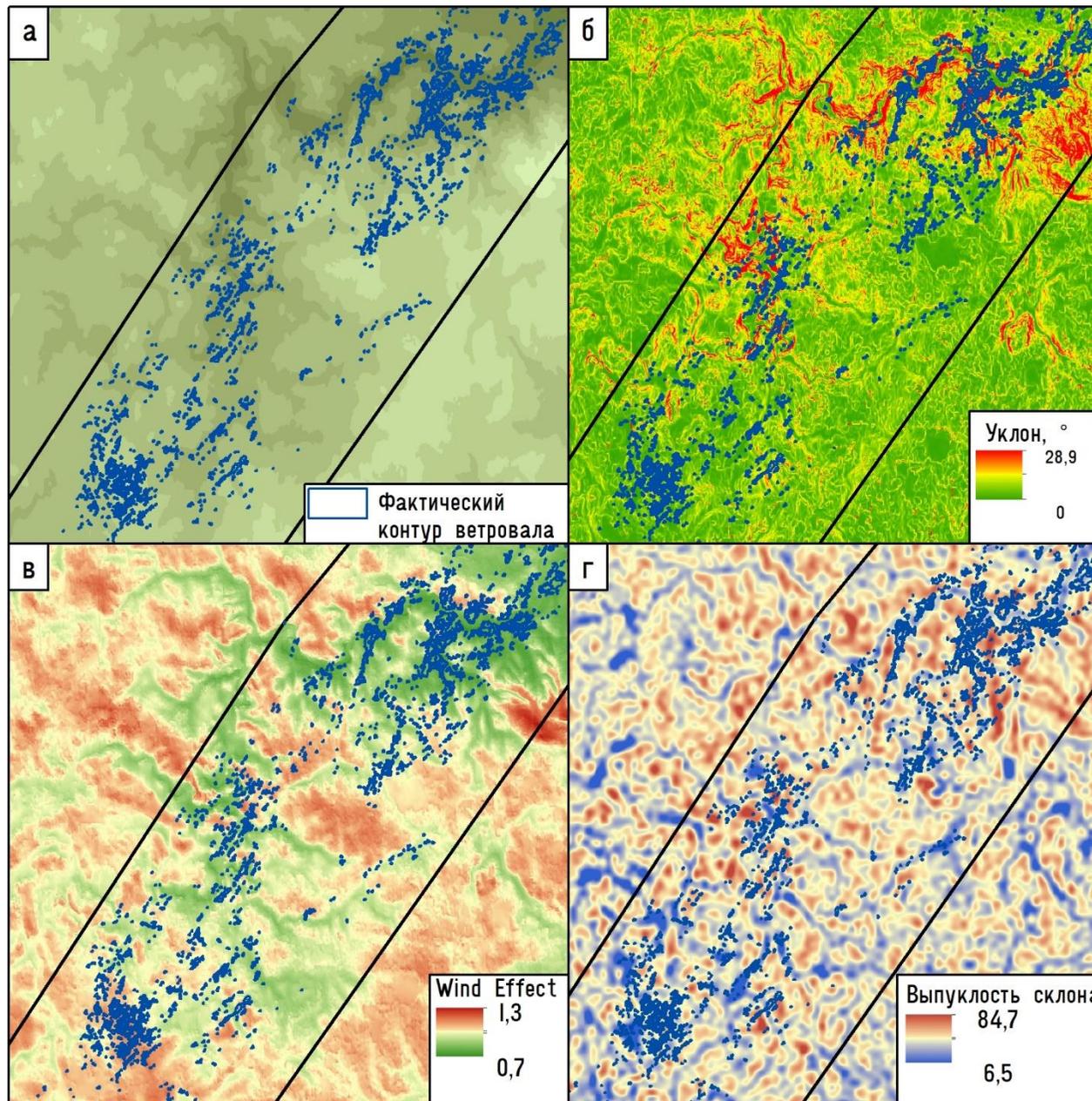


Рис.4. Пример пространственного распределения морфометрических характеристик:  
а – ЦМР FFBDEM  
б – Уклон  
в – Индекс наветренного и подветренного склона (Wind Effect)  
г - Выпуклость склонов (Convexity)

# Характер лесопользования

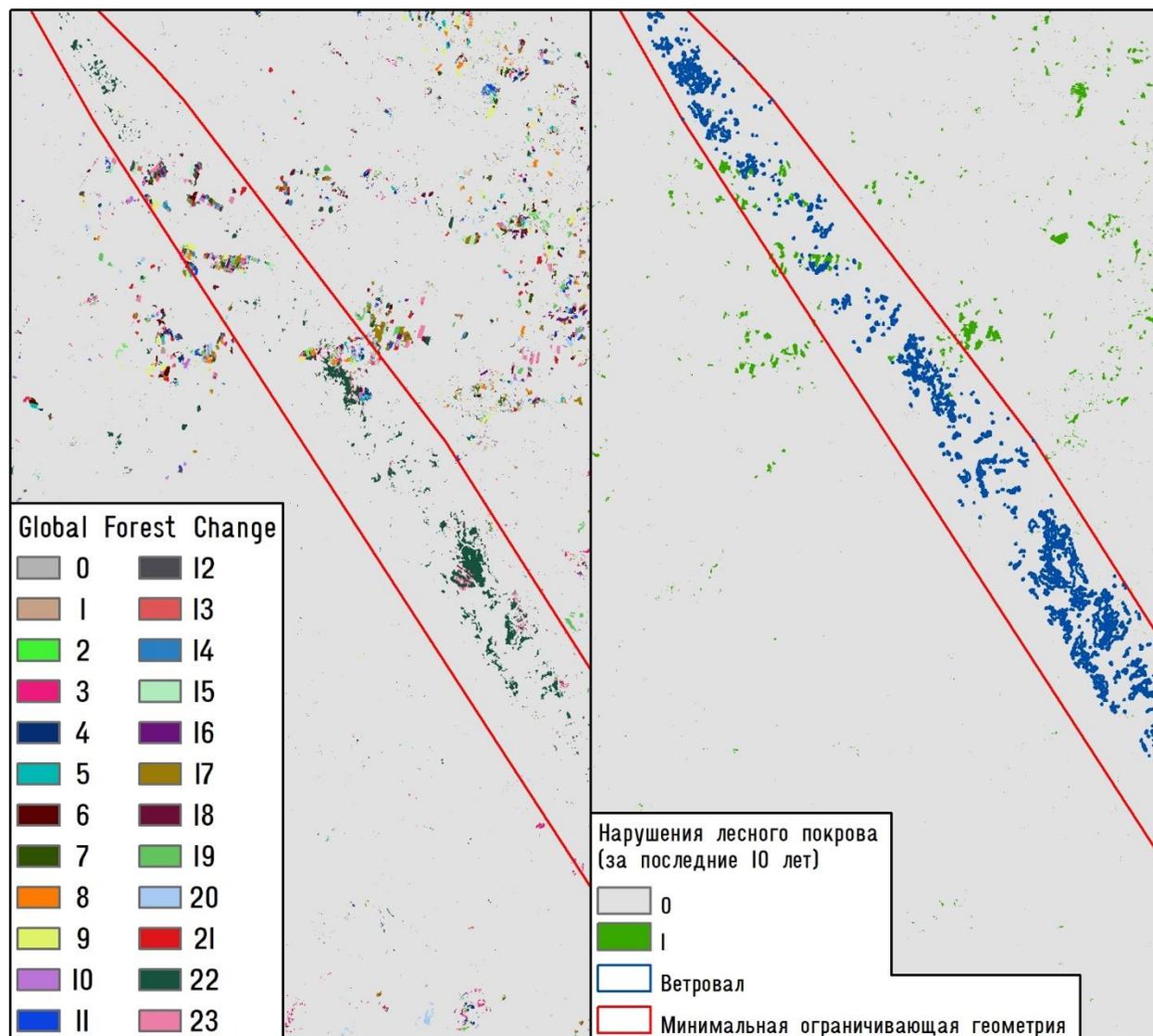


Рис.5. Пространственное распределение нарушений лесного покрова

## Коэффициенты корреляции (R) Спирмена между предиктантом и предиктором, и результаты оценки значимости признаков методом Random Forest

Переменная	R Спирмена	Значимость предиктора
Доля площади темнохвойных лесов (возраст от 35-40 лет) от площади ячейки	0,14	0,069
Доля площади сосновых лесов (возраст от 35-40 лет) от площади ячейки	0,12	0,081
Доля площади сосновых заболоченных лесов (возраст от 40 лет) от площади ячейки	0,02	0,020
Доля площади смешанных лесов (возраст от 35-40 лет) от площади ячейки	0,11	0,069
Доля площади темнохвойных лесов (возраст менее 35-40 лет) от площади ячейки	-0,02	0,041
Доля площади смешанных лесов (возраст менее 35-40 лет) от площади ячейки	0,04	0,053
Доля площади лиственных лесов (возраст менее 35-40 лет) от площади ячейки	-0,08	0,058
Доля площади леса от площади ячейки	0,08	0,059
Высота древостоя, м	0,04	0,095
Биомасса (запас древесины)	0,07	0,105
Доля площади свежих вырубок (возраст 10 лет и менее)	0,03	0,024
Доля площади буферных зон (150 м) вокруг свежих вырубок (возраст 10 лет и менее)	0,03	0,024
Угол наклона склонов	0,09	0,073
Выпуклость склонов (Convexity)	0,03	0,071
Доля площади положительных форм рельефа на основе классификации форм рельефа	0,07	0,059
Индекс наветренного и подветренного склона (Wind Effect)	-0,04	0,085

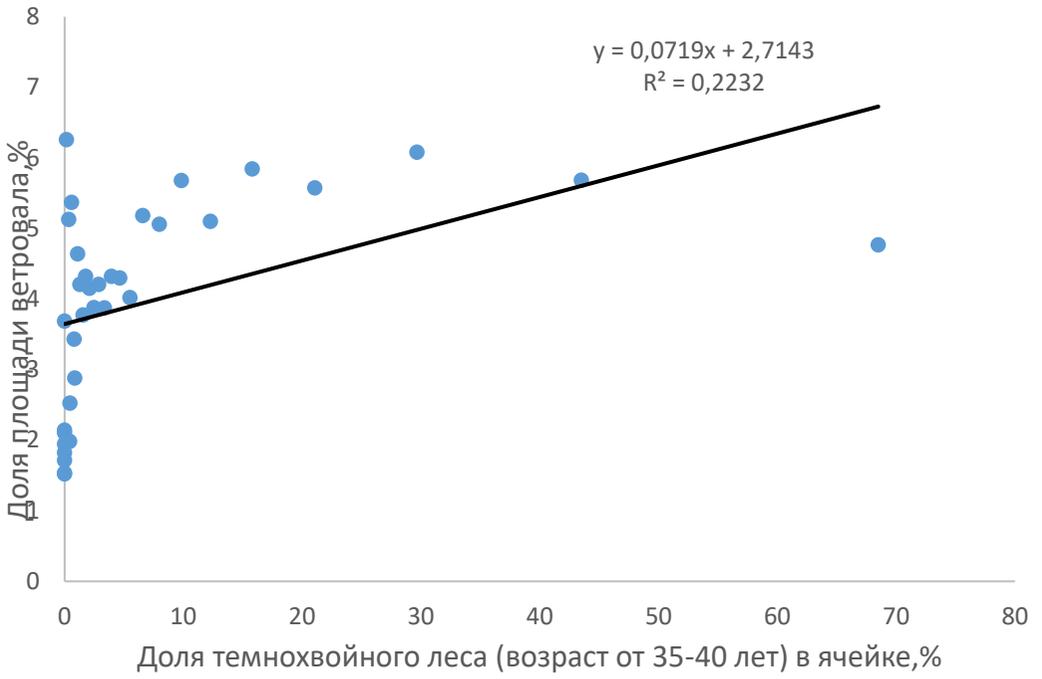
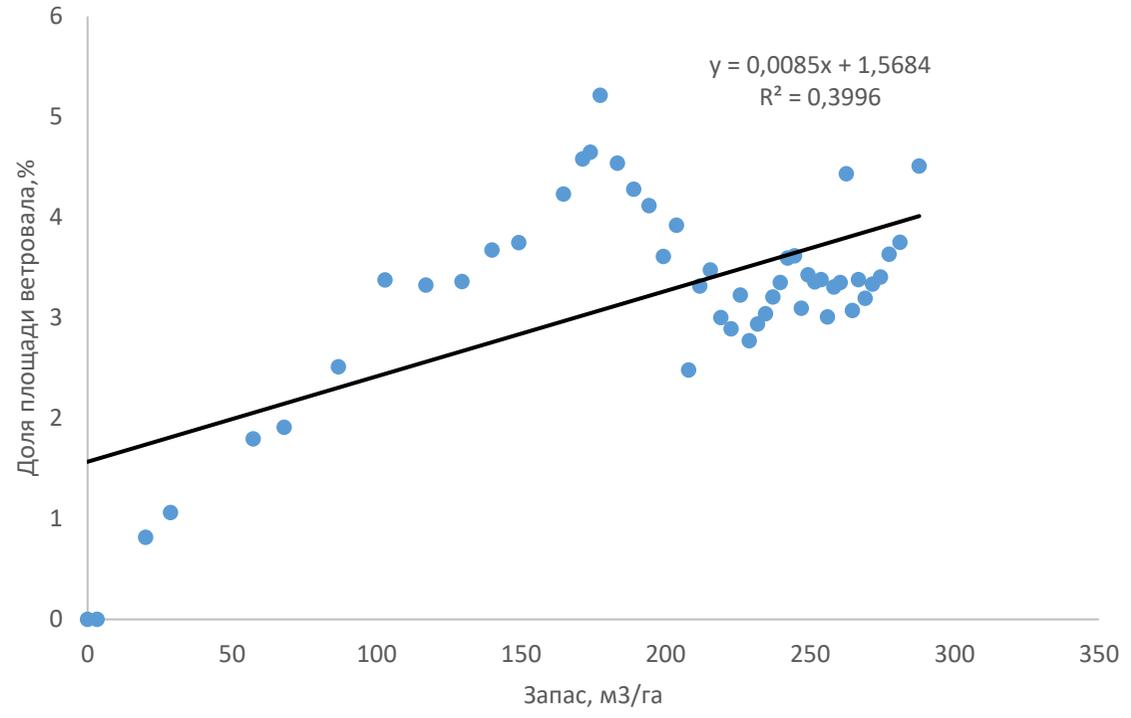
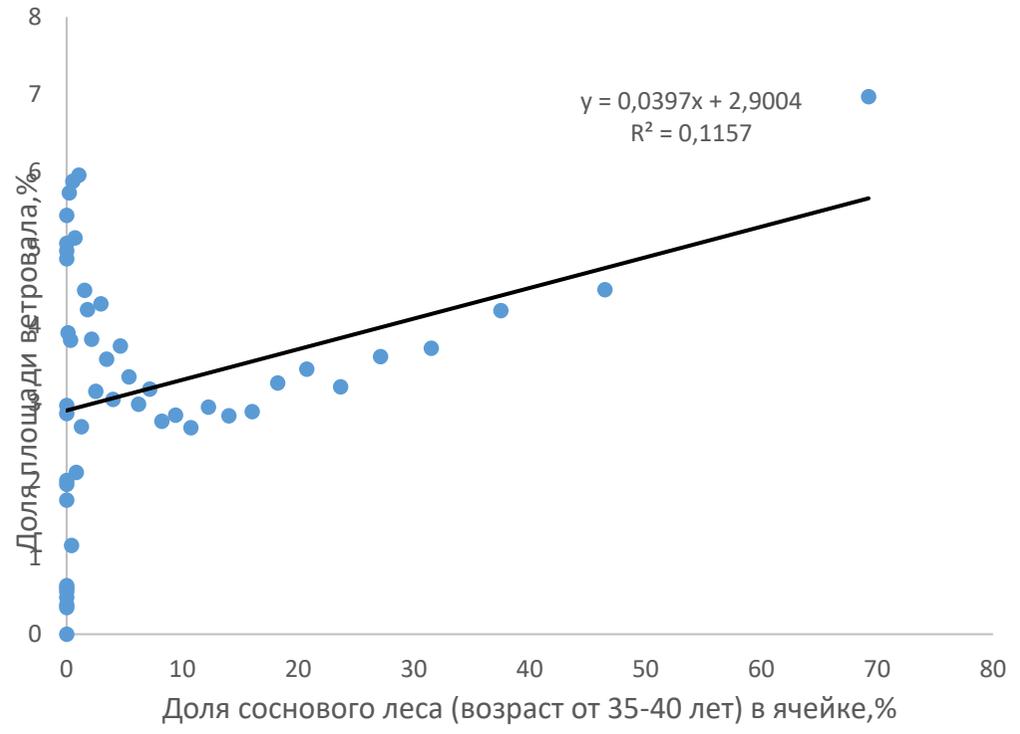
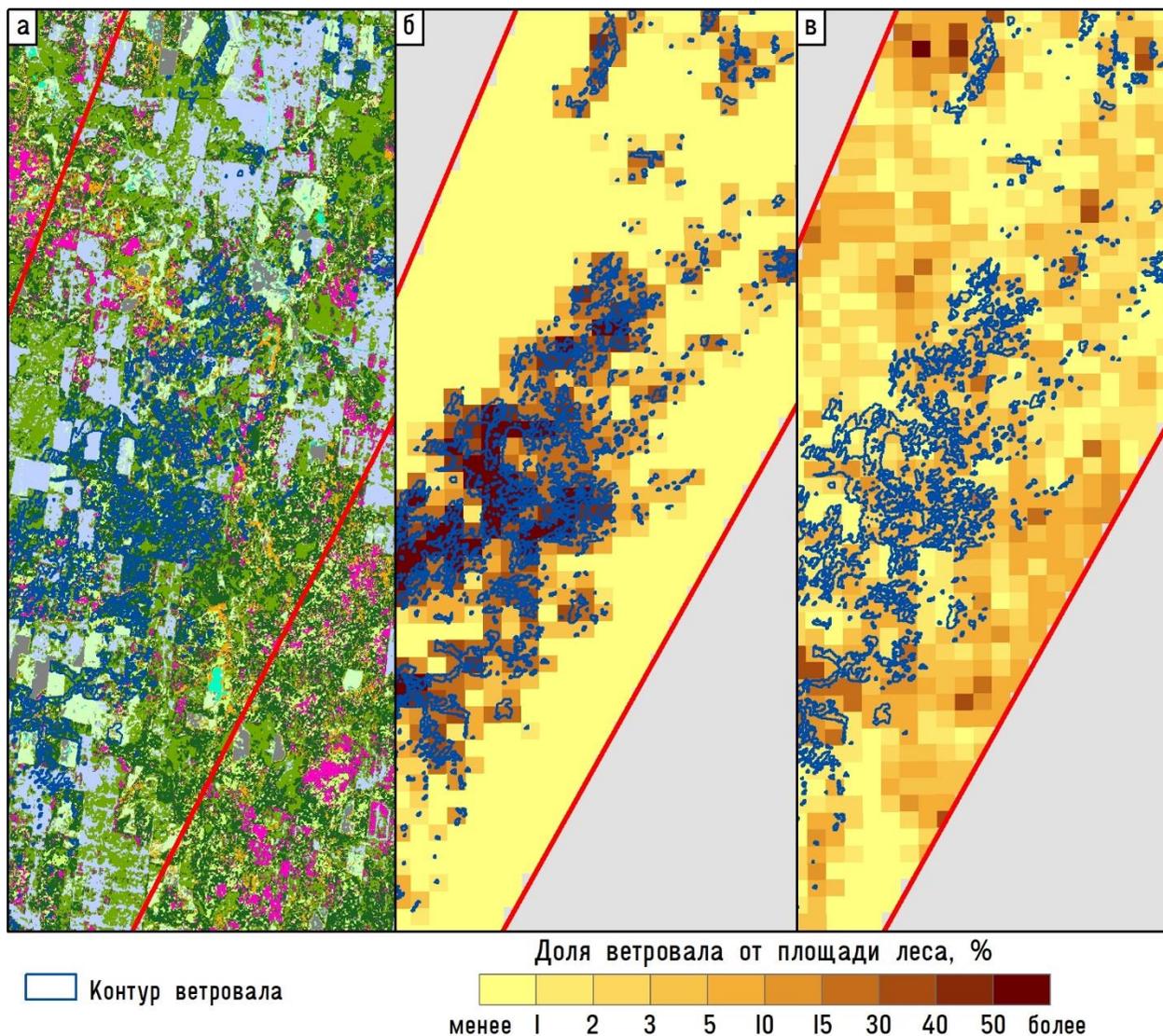


Рис.6. Зависимость между долей темной хвойного леса и долей площади ветровала

Рис.7. Зависимость между долей соснового леса и долей площади ветровала

Рис.8. Зависимость между запасом и долей площади ветровала





Среднее значение доли площади ветровала:  
 Фактические данные - 4%  
 Результат моделирования - 9%

Рис.9. Прогноз доли площади ветровала от лесопокрытой площади: а - карта растительности; б – фактические данные; в - результат моделирования с помощью Random Forest Regressor

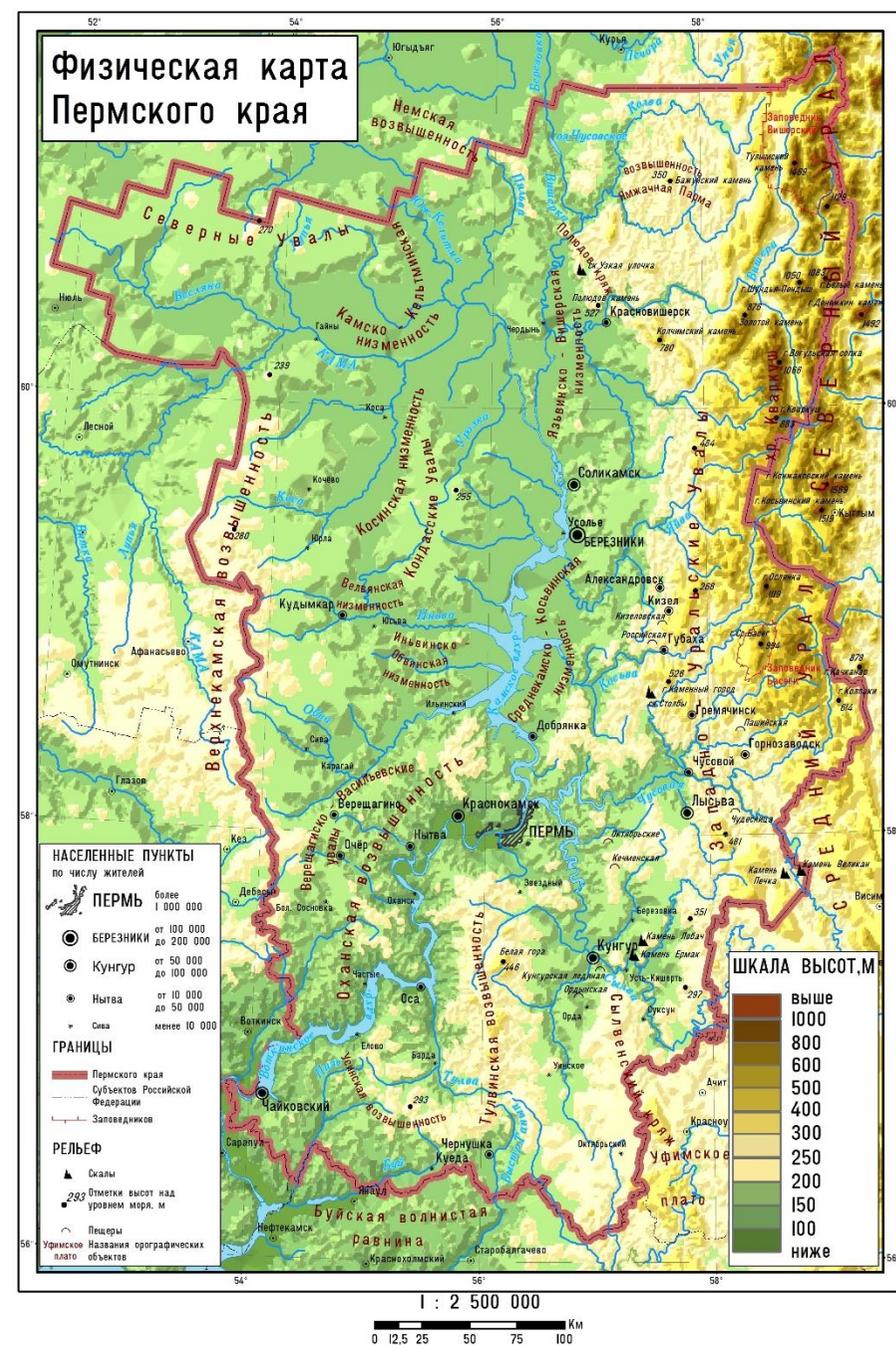
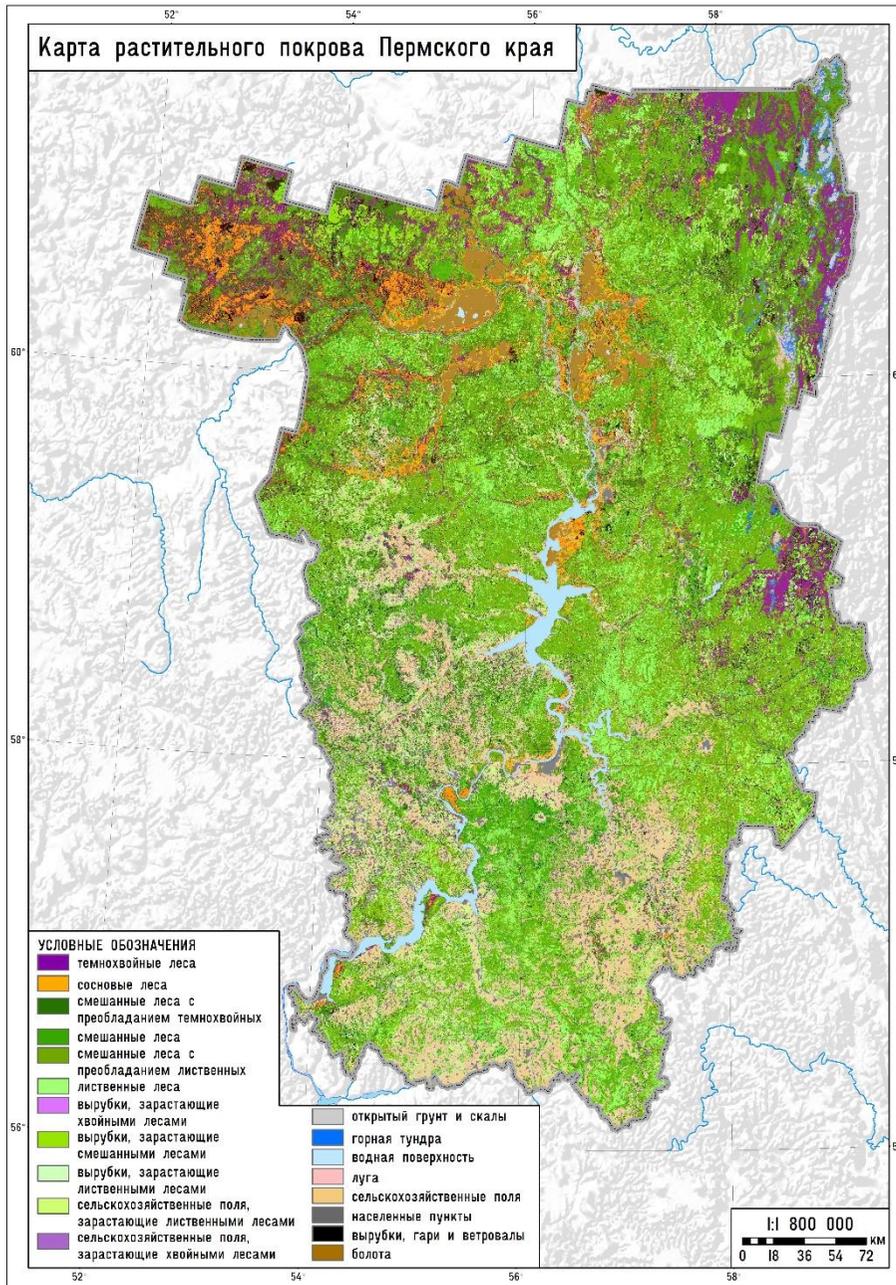
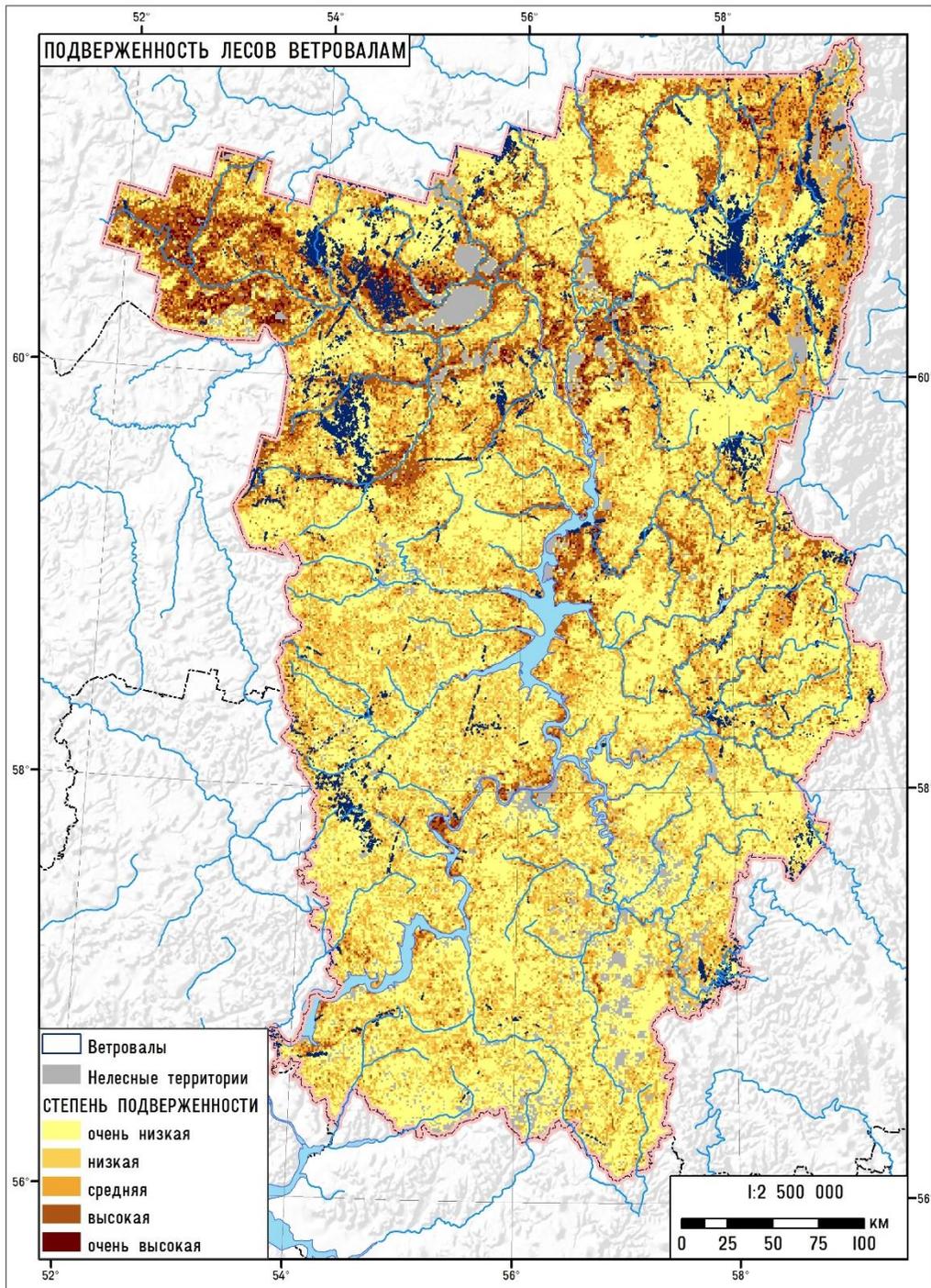


Рис.10. Карта растительности и физическая карта Пермского края



Фактическая доля площади ветровалов за 1986-2023 гг., %  
 от площади леса

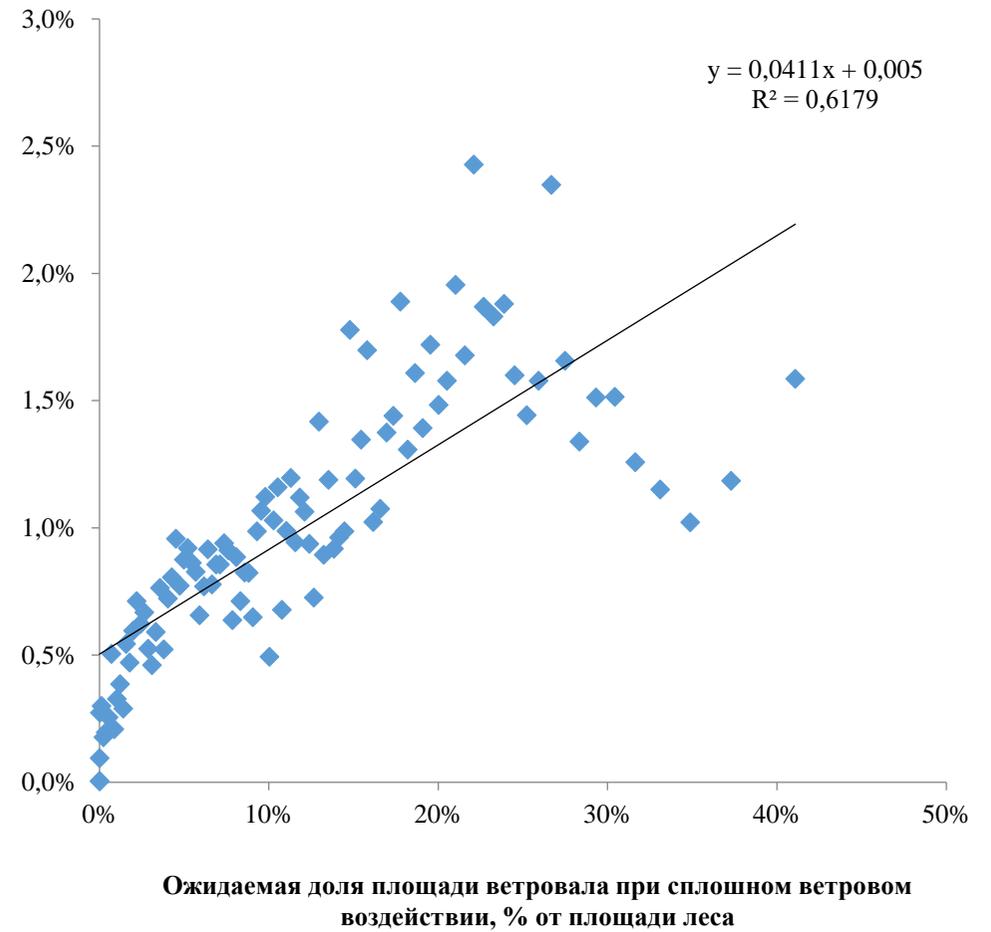


Рис.11. Карта подверженности ветровалам лесов Пермского края

Рис.12. Зависимость между расчетной и фактической долей площади ветровалов от общей площади лесов в Пермском крае



Основным результатом исследования стала впервые созданная карта подверженности лесов Пермского края ветровалам на основе статистического подхода, а именно метода машинного обучения Random Forest Regressor.

Выявлена высокая корреляция между ожидаемой (модельной) и фактической площадью ветровалов в ячейках сетки.

В то же время модель и исходные данные имеют ряд недостатков, которые будут корректироваться в ходе дальнейших исследований. Несоответствия пространственного распределения ветровалов по фактическим данным и по модели обусловлены следующими факторами:

1. Ветровалы являются редкими событиями (всего 306 случаев за 40 лет в Пермском крае, доля площади ветровалов от общей площади лесов 0,43%).
2. В модели расчета подверженности не учитывается распределение штормовых событий, вызвавших ветровалы (которое является предметом отдельного исследования).
3. Почти все ветровалы в Пермском крае произошли еще до получения снимков, использованных для создания карты растительности.
4. Возможное несовершенство самой модели Random Forest Regressor и обучающей выборки.
5. Не рассматривались некоторые независимые переменные, которые существенно влияют на подверженность лесов ветровалам по литературным данным, в частности мощность почвенного профиля.
6. Недостатки самих исходных данных, использованных в качестве независимых переменных для обучения модели, в частности классификации растительного покрова, данных о высоте и запасе древостоя Global Forest Canopy Height и GlobBiomass.



ПЕРМСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Классика будущего

# ОЦЕНКА ПОДВЕРЖЕННОСТИ ВЕТРОВАЛАМ ЛЕСОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

---

Семакина А.В.

Шихов А.Н.

Климина Е.А.

Пермь, 2024