



XVI Всероссийская Открытая конференция
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Секция «Дистанционное зондирование растительных
и почвенных покровов»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ
И ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ В ЛЕСАХ ПО РАЗНОСЕЗОННЫМ
ДАННЫМ LANDSAT НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ
ЗАПОВЕДНИКА «БРЯНСКИЙ ЛЕС»**

Е.А. Гаврилюк, Д.В. Ершов, А.В. Горнов

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Москва, ИКИ РАН, 12 – 16 ноября 2018 года

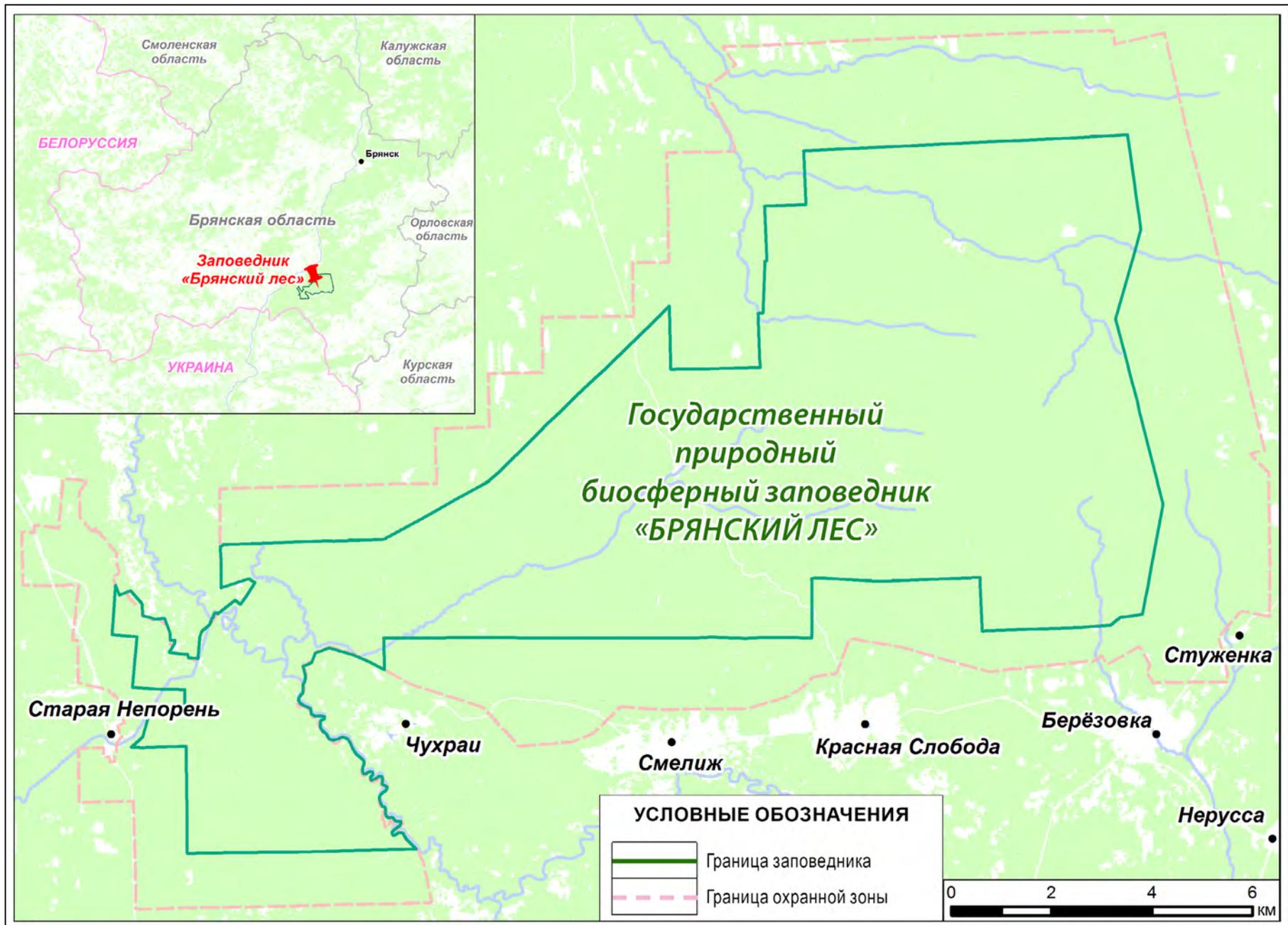
Цель работы

Оценить возможности пространственного моделирования значений запасов стволочной древесины и наземной древесной биомассы в лесах на основе разносезонных мультиспектральных спутниковых изображений Landsat.

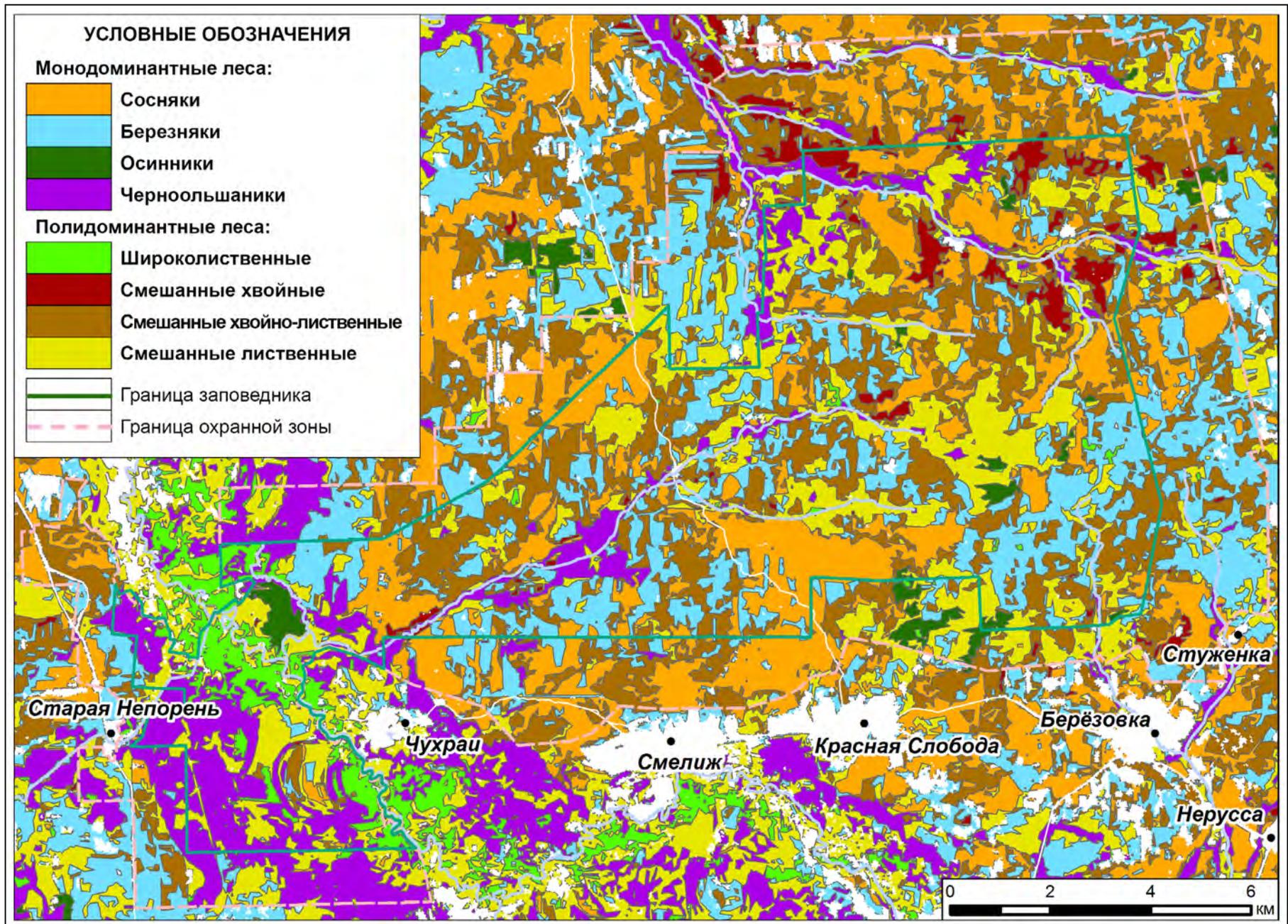
Совместное использование данных ДЗЗ, полученных в разные периоды года, потенциально позволяет в той или иной мере автоматически учитывать пространственные различия в породной и возрастной структуре, а также продуктивности лесов территории в процессе регрессионного моделирования количественных показателей древостоев.

Величины запаса и древесной биомассы – одни из основных количественных показателей лесных экосистем, являющиеся прямыми индикаторами их ресурсного и экологического потенциала.

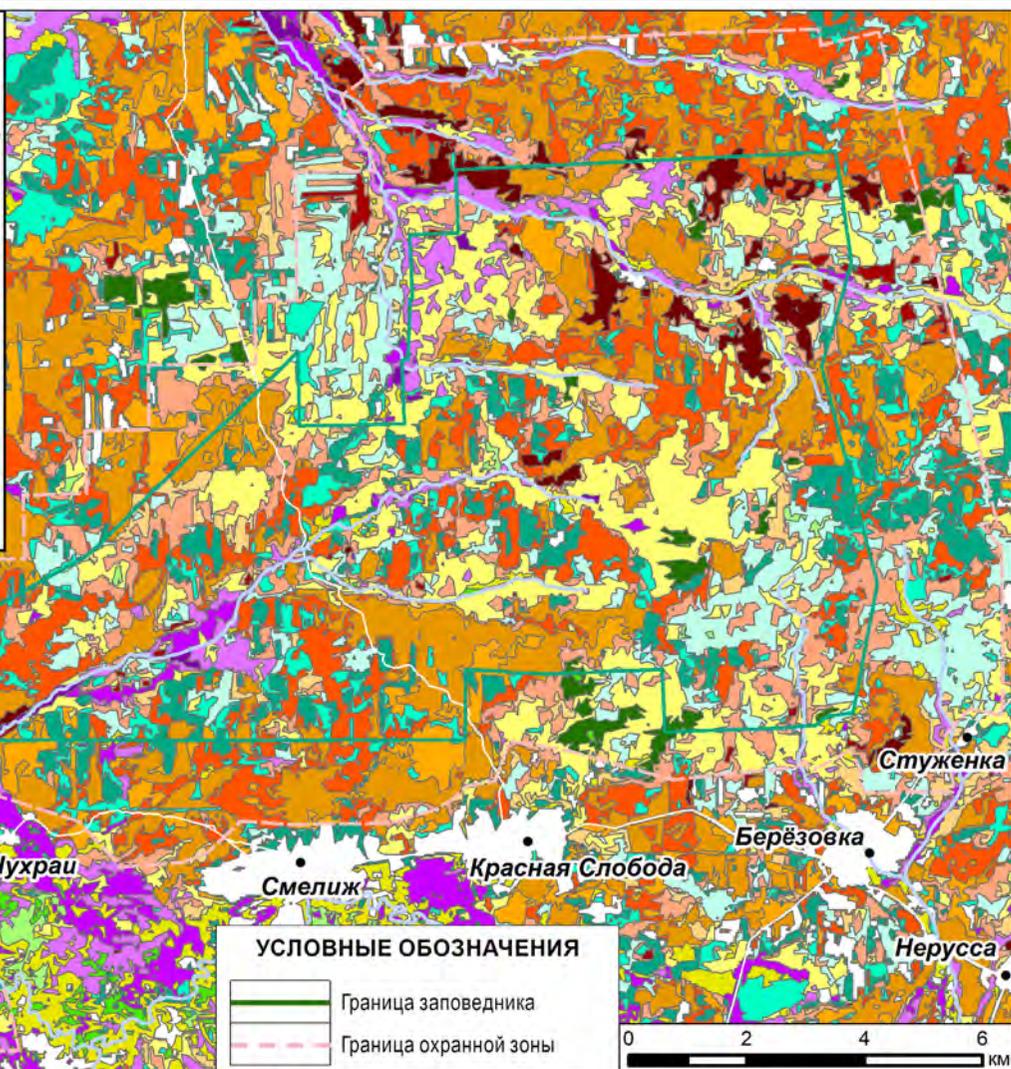
Территория исследования



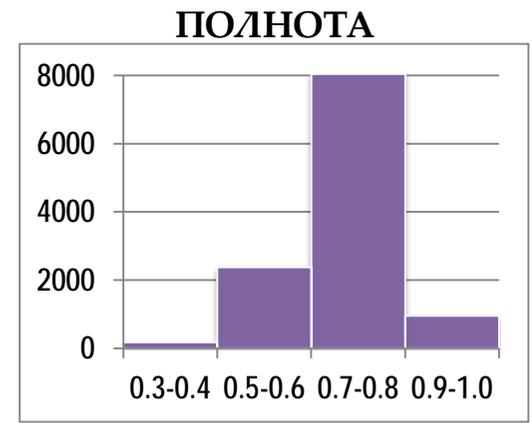
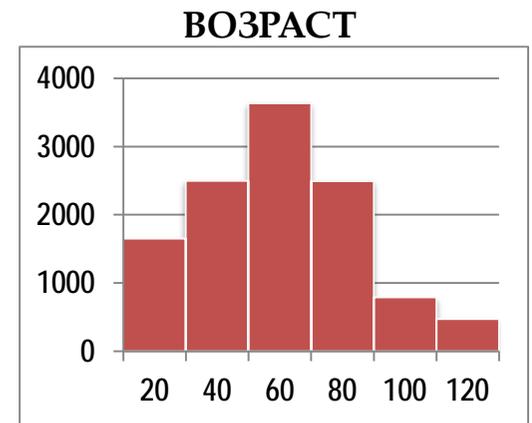
Территория исследования



Территория исследования



Доминанты	С	Б	ОС	ОЛЧ	ШЛ	СмХ	СмХЛ	СмЛ
Число пород								
1								
2								
3 и более								



Исходные данные и методы

- Таксационные данные

Геопривязанная сеть лесоустроительных выделов с таксационными характеристиками за 2006 год. Значения наземной биомассы для выделов были пересчитаны из значений запасов с использованием конверсионных коэффициентов для основных лесообразующих пород России (*Замолодчиков и др., 2003*).

- Спутниковые данные

Шесть разносезонных (конец января, начало апреля, начало и конец мая, август, сентябрь) безоблачных сцен Landsat-OLI (продукт уровня S2) из открытого архива Геологической службы США (USGS) за период с 2014 по 2018 годы, содержащие измерения в красном (**RED**, 0.63–0.69 мкм), ближнем инфракрасном (**NIR**, 0.75–0.90 мкм) и среднем инфракрасном (**SWIR**, 1.55–1.75 мкм) диапазонах.

- Методы

Для регрессионного моделирования: случайные леса (*Breiman, 2001*) и генерализованные аддитивные модели (*Hastie, Tibshirani, 1986*).

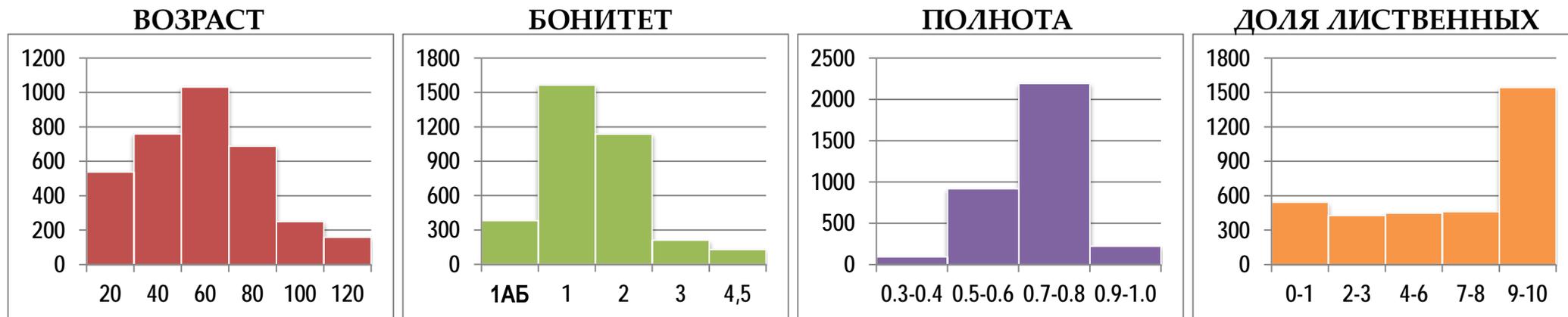
Для калибровки смоделированных значений: метод повторных медиан (*Siegel, 1982*).

Актуализация значений запасов и биомассы

Регрессионная модель значений запаса (V) на основе величин возраста (A), бонитета (B), полноты (C) и соотношения хвойных и лиственных пород (S) в насаждениях:

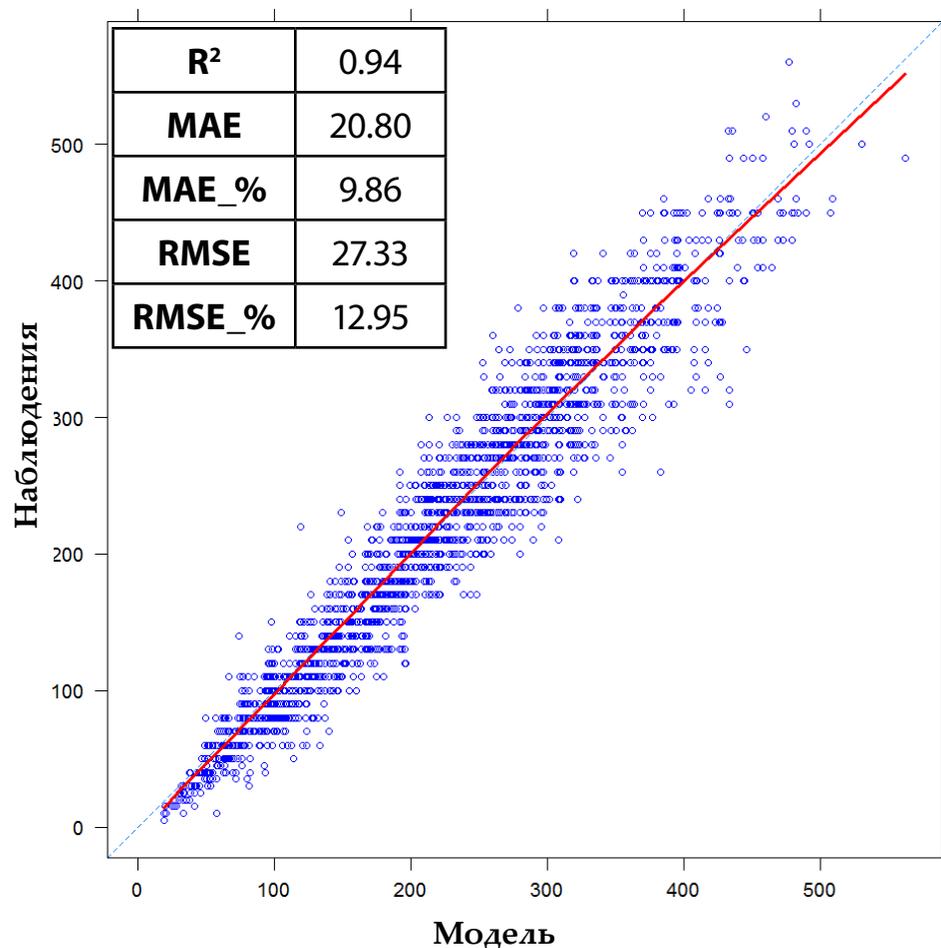
$$\log(V) = \text{spline}(A) + k_1B + k_2C + k_3S + \varepsilon$$

Здесь $\text{spline}()$ – сглаживающая функция, k – коэффициенты регрессии, ε – свободный член.

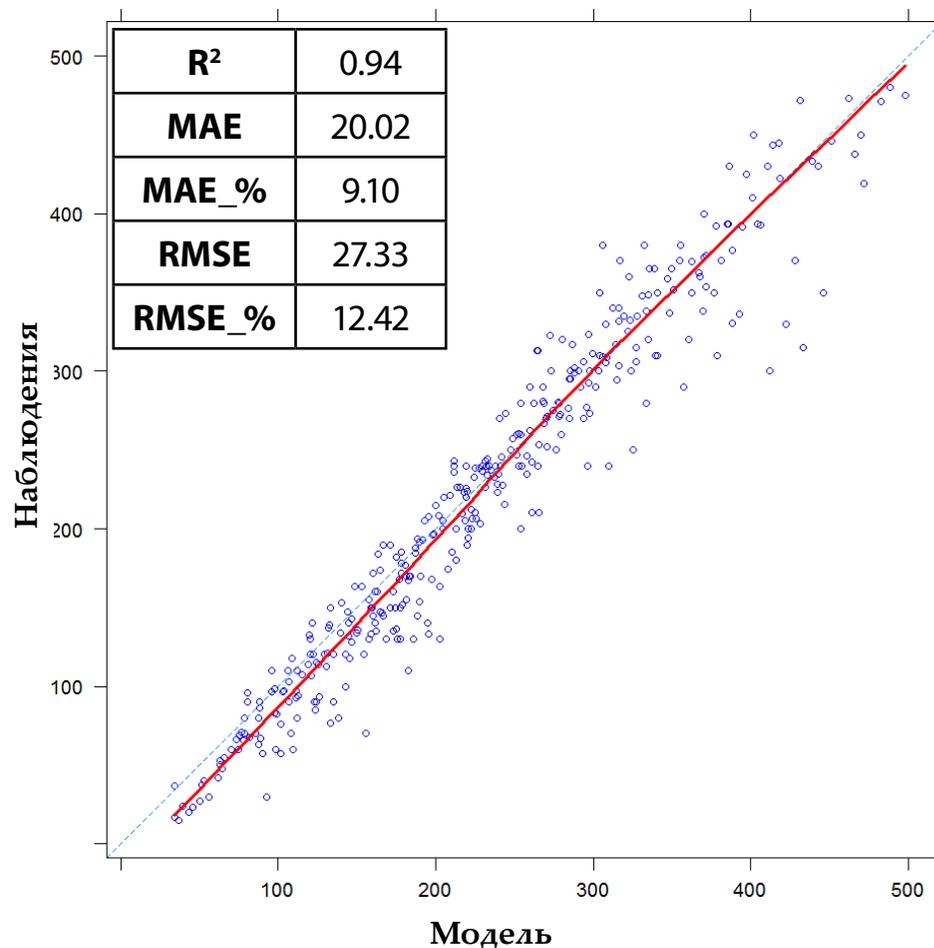


Актуализация значений запасов (+10 лет)

Обучение (GAM)

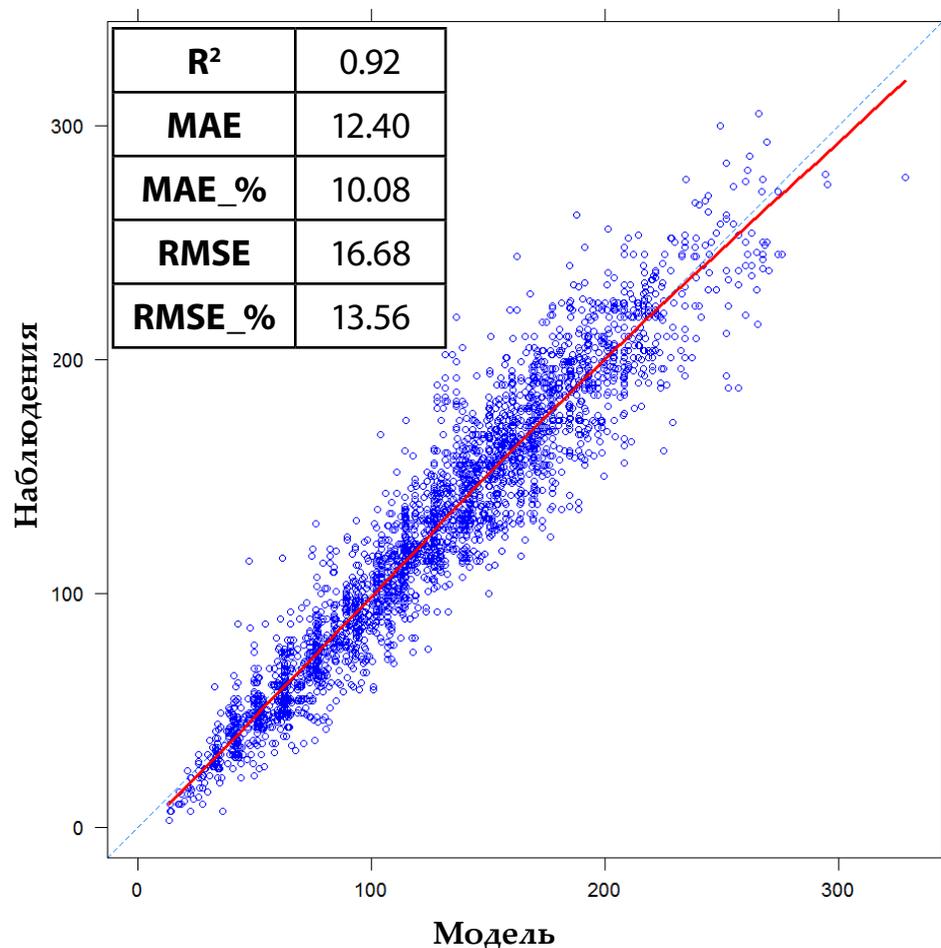


Контроль (среднее в группах)

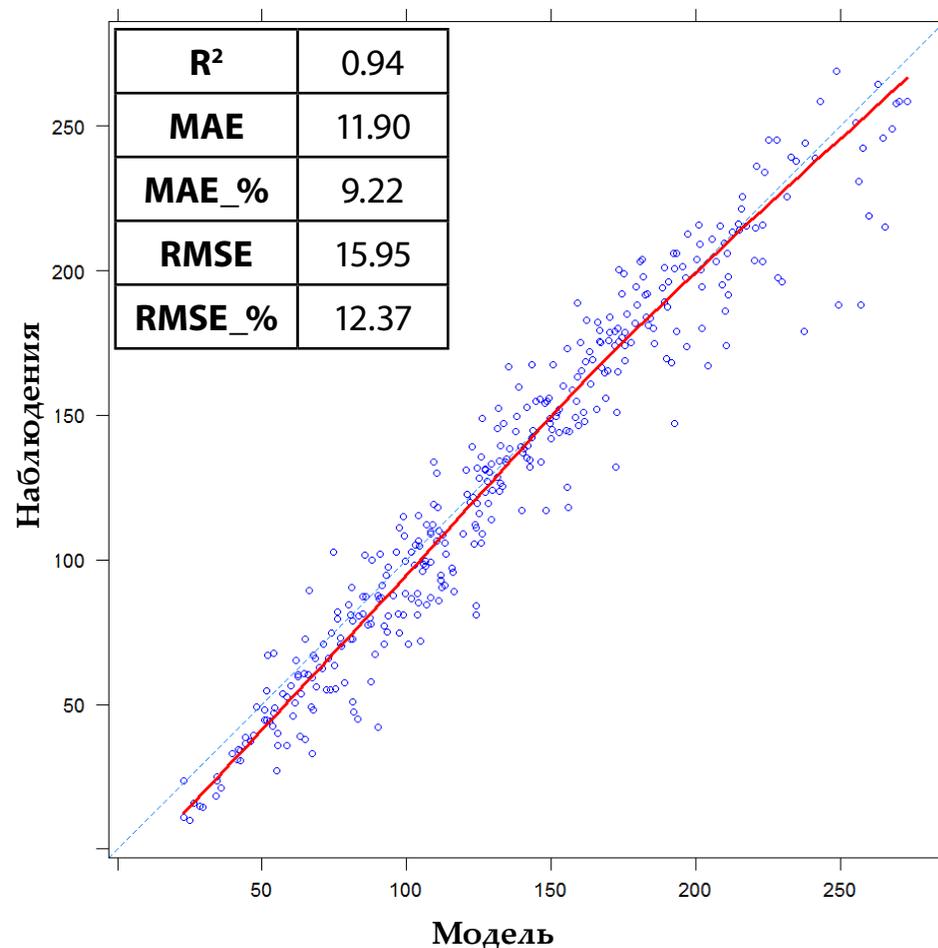


Актуализация значений наземной биомассы (+10 лет)

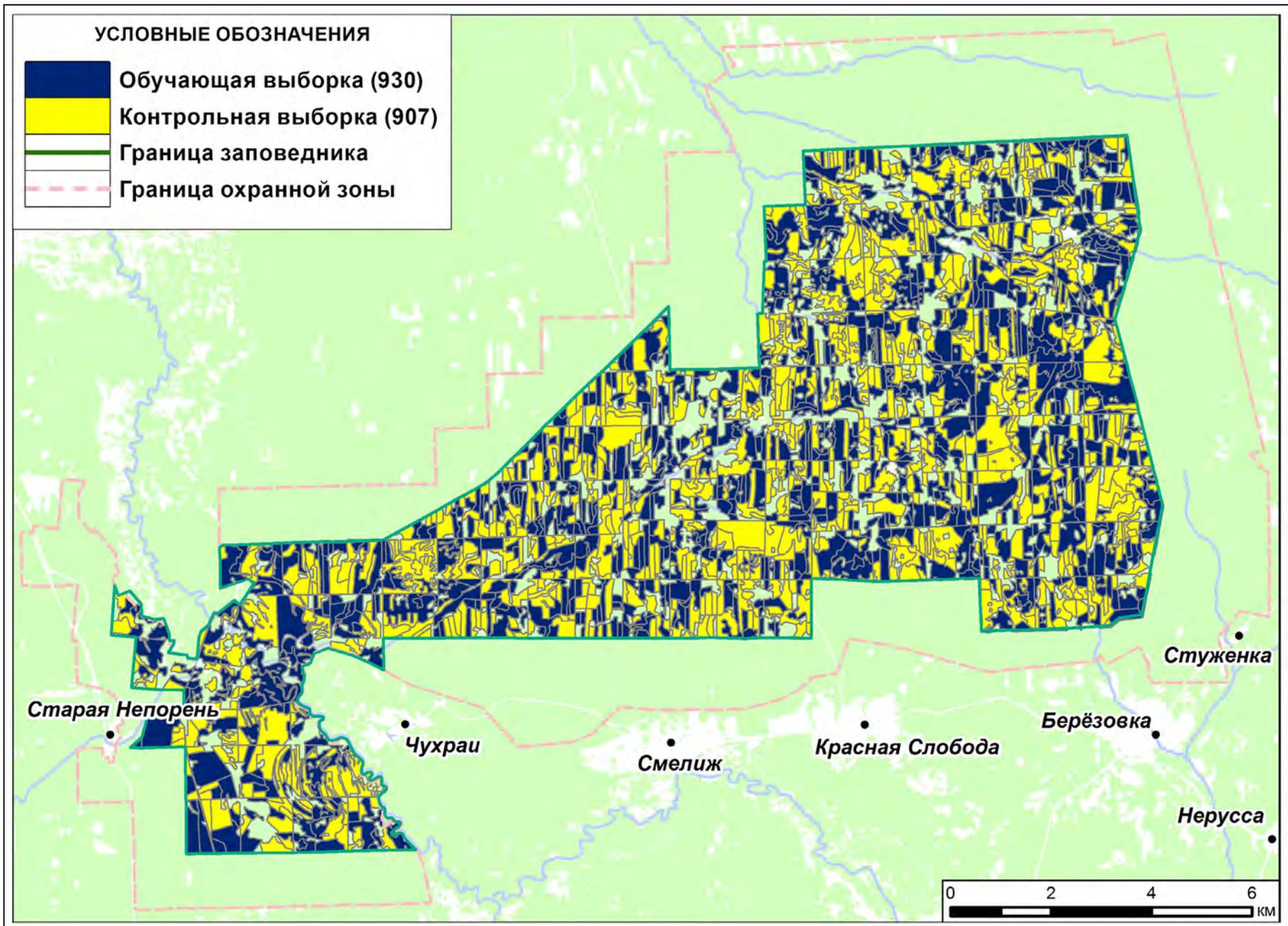
Обучение (GAM)



Контроль (среднее в группах)



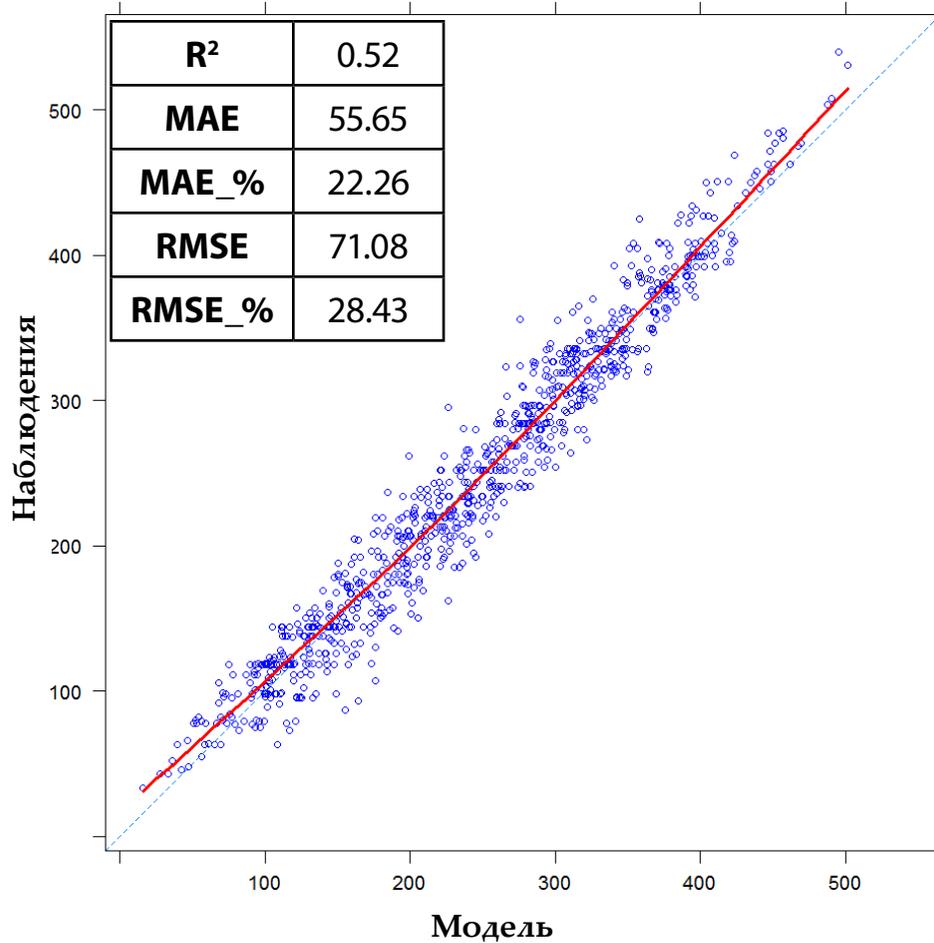
Моделирование значений запасов и биомассы



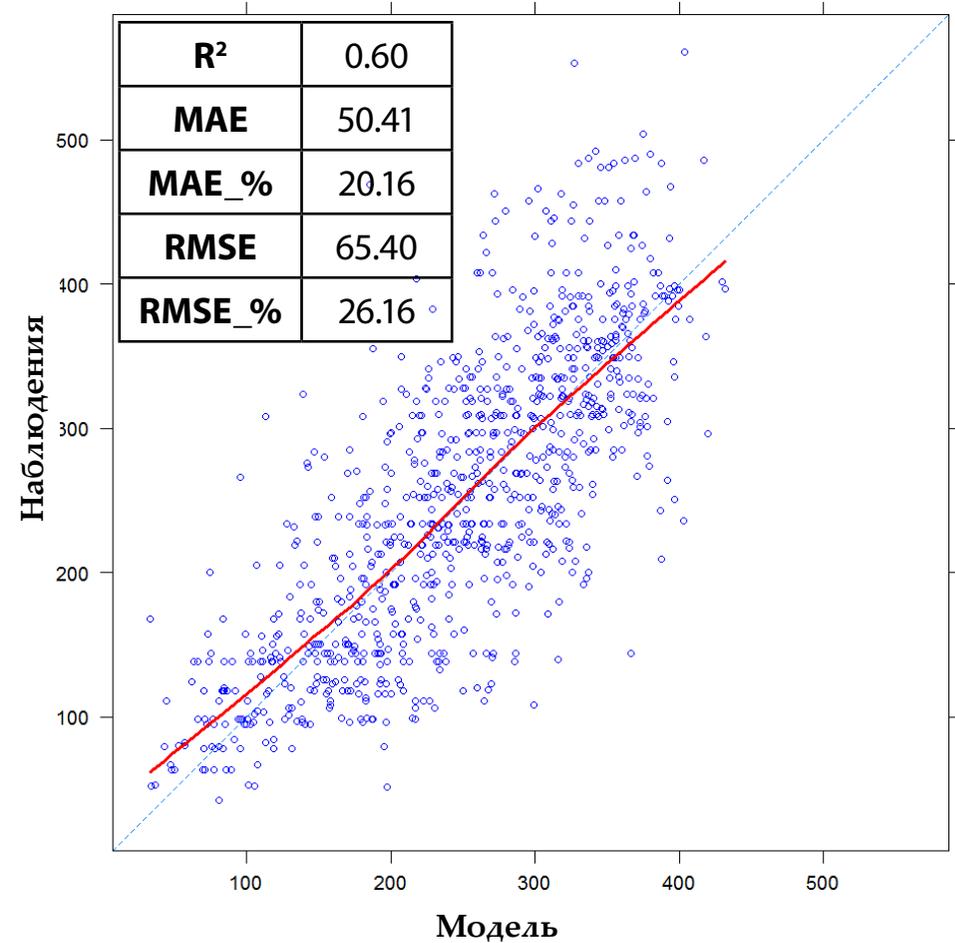
Моделирование значений запасов

Спутниковые данные (6 дат по 3 канала)

Обучение (RF)



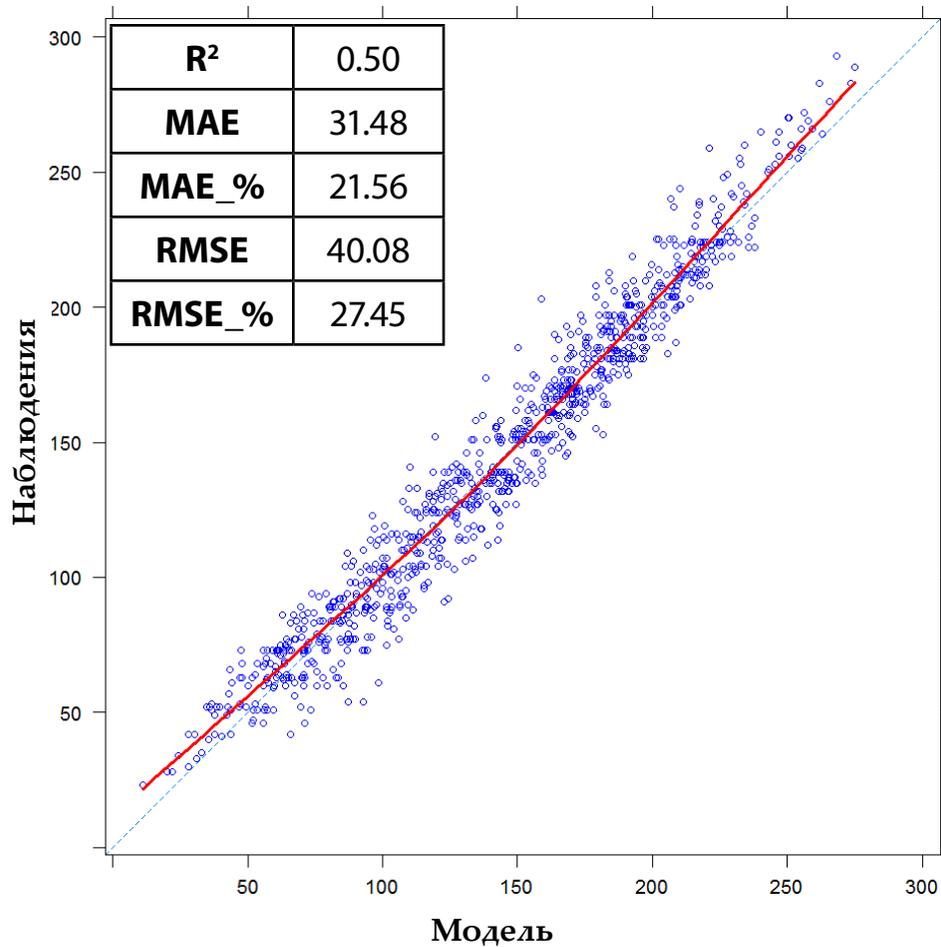
Контроль



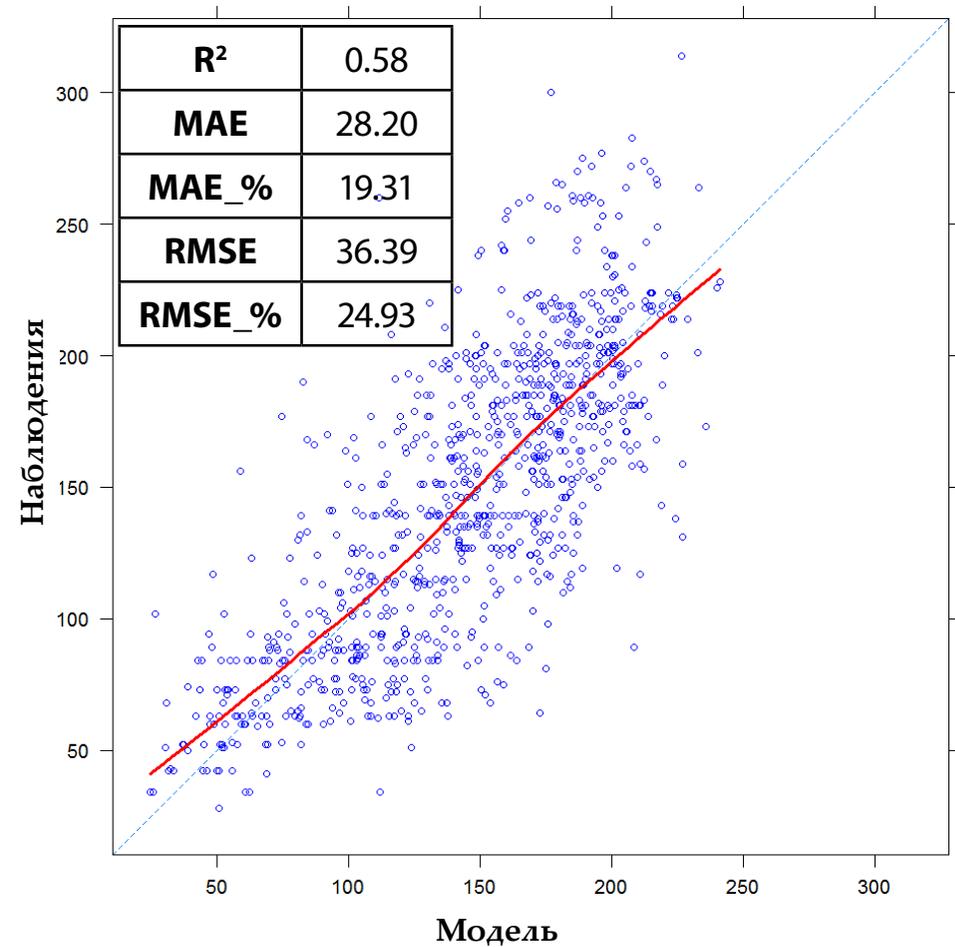
Моделирование значений наземной биомассы

Спутниковые данные (6 дат по 3 канала)

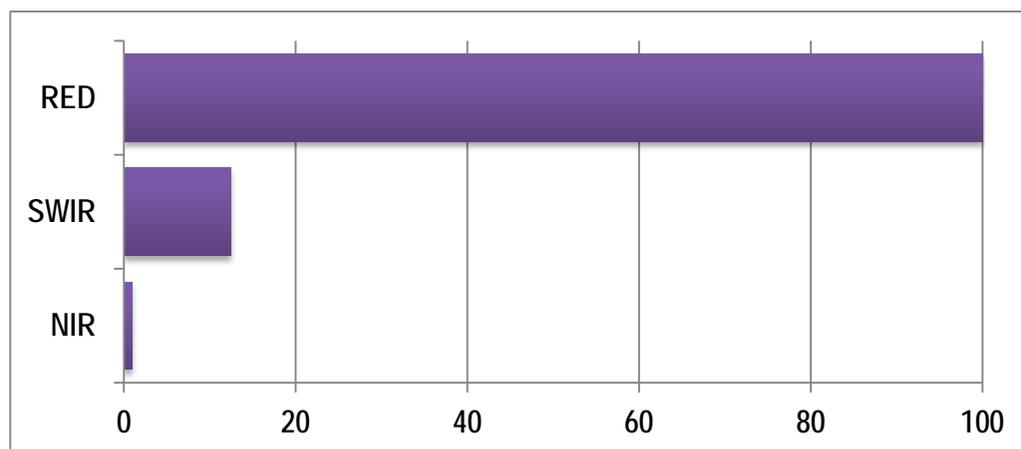
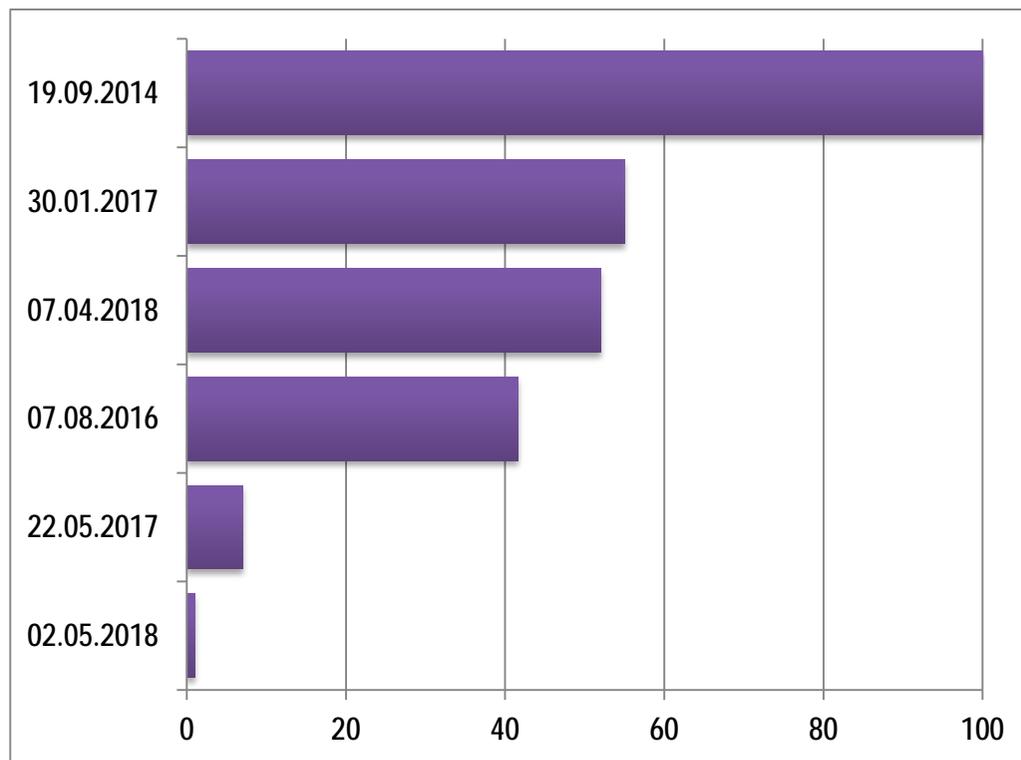
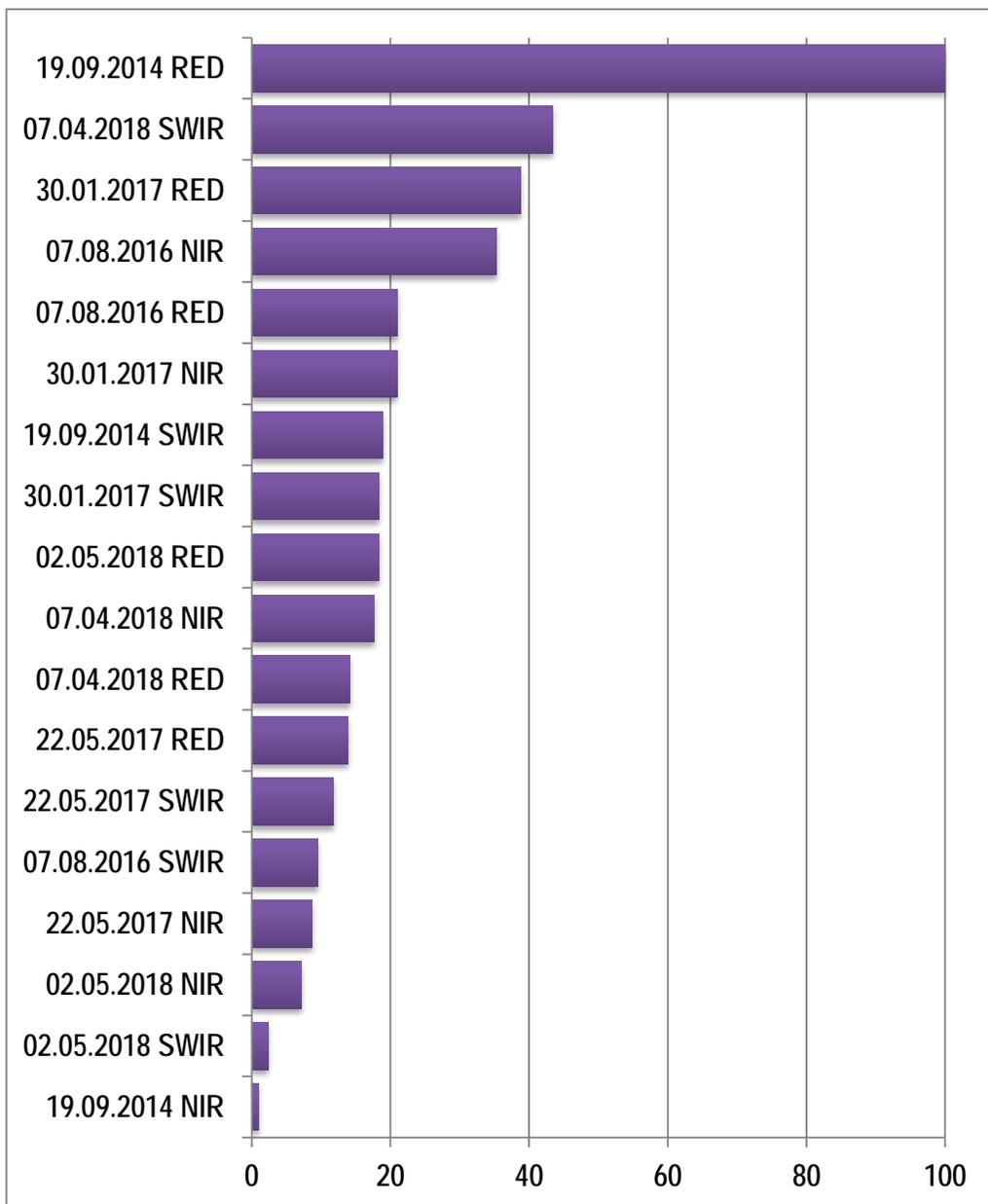
Обучение (RF)



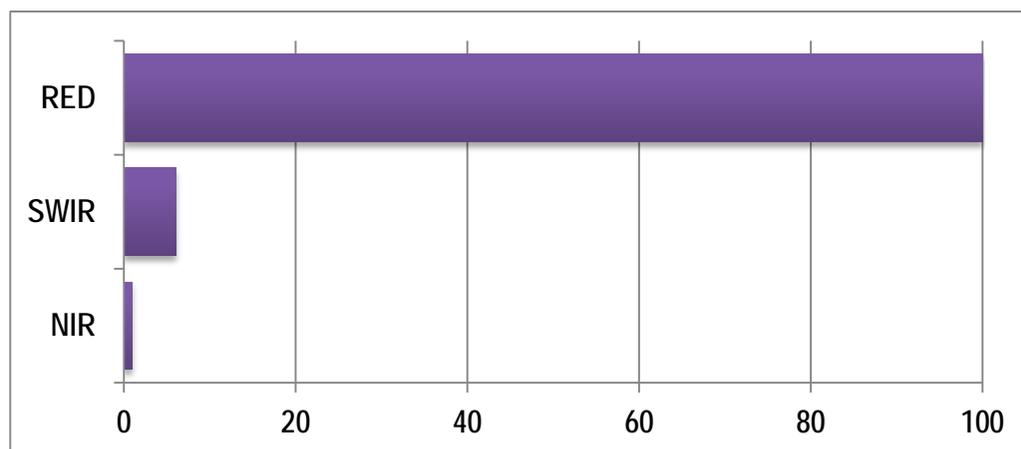
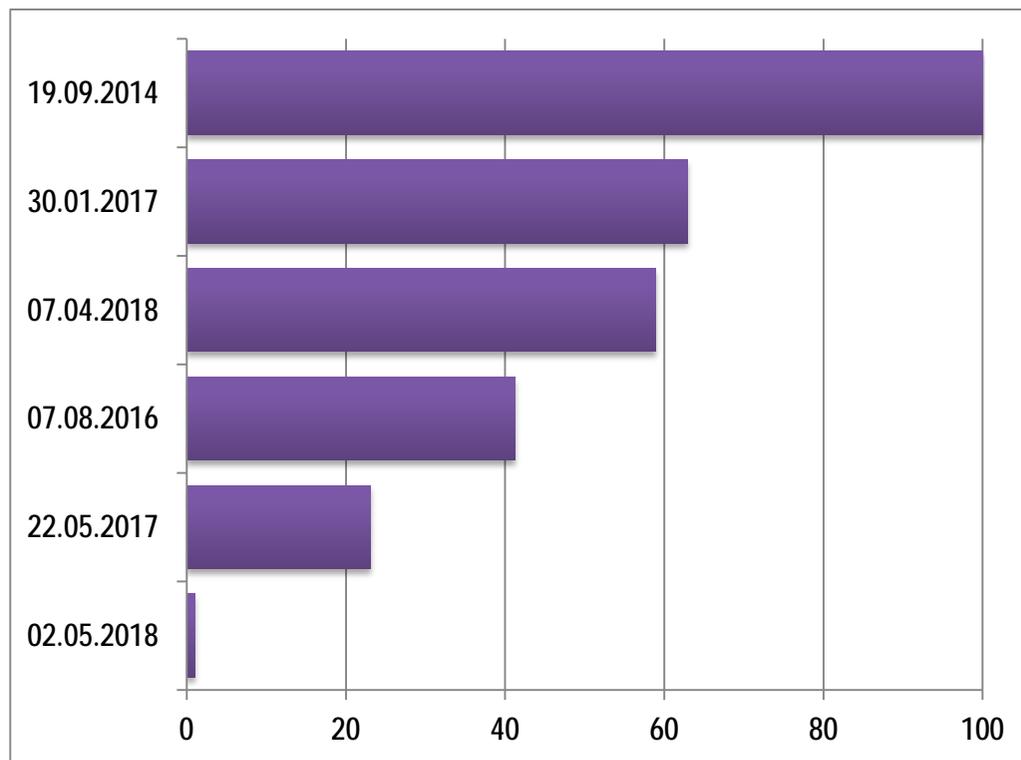
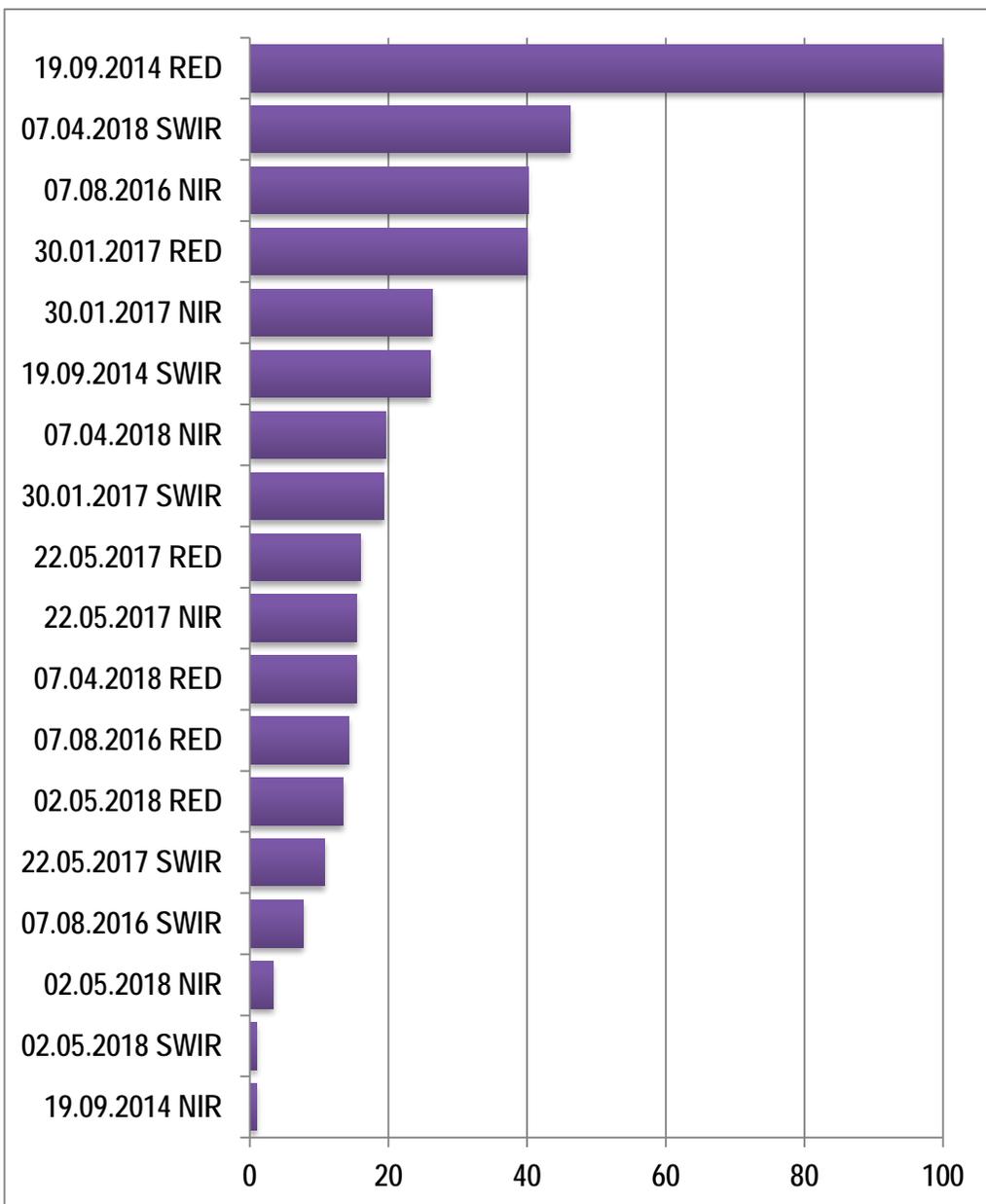
Контроль



Информативность переменных (запас)



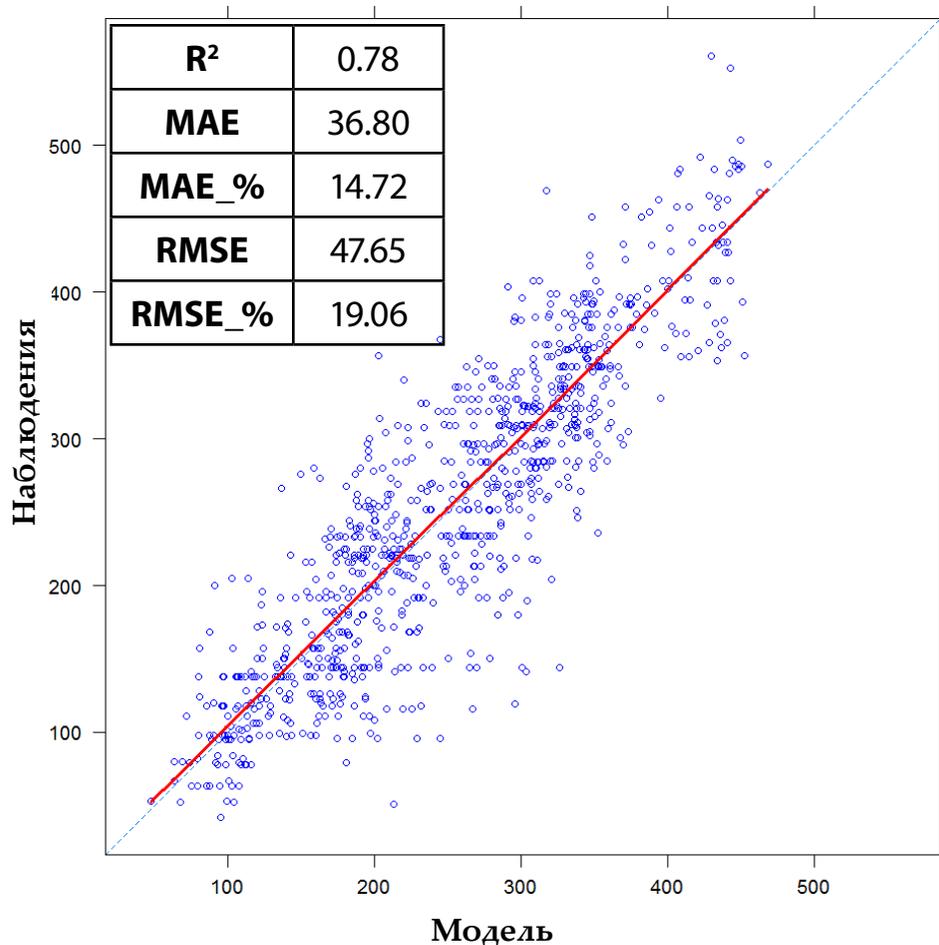
Информативность переменных (биомасса)



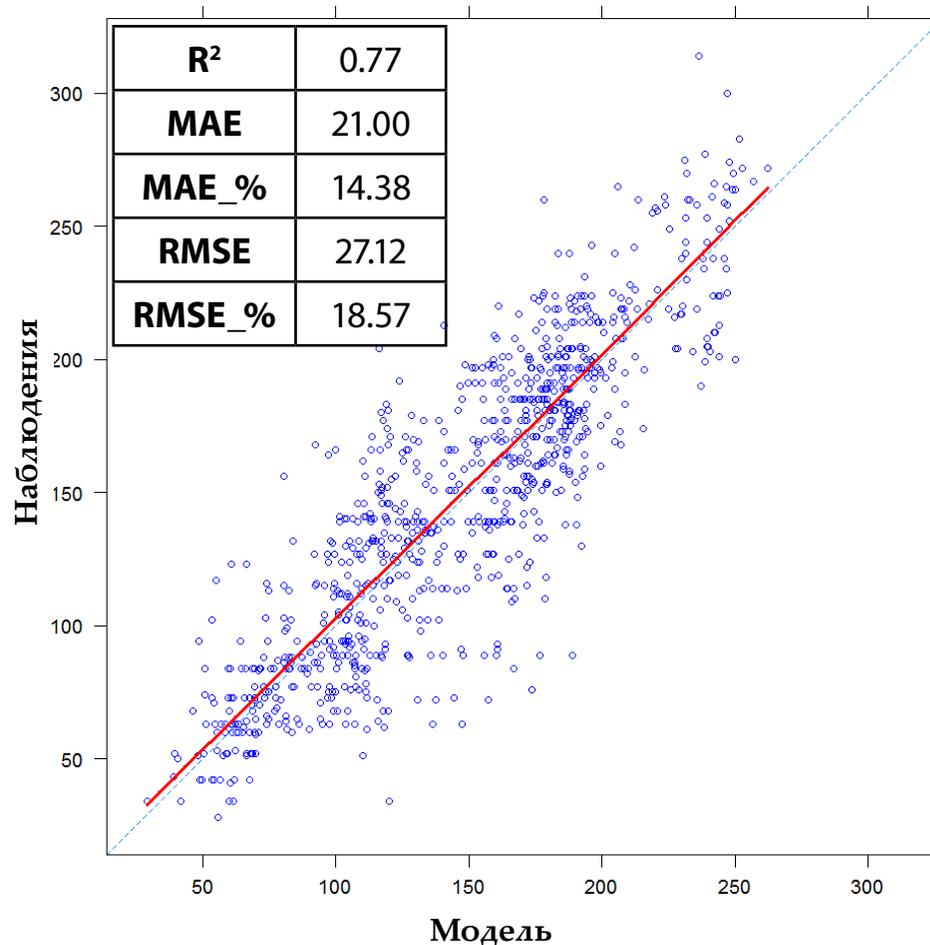
Моделирование значений запаса и биомассы

Спутниковые данные + бонитет

Контроль (запас)



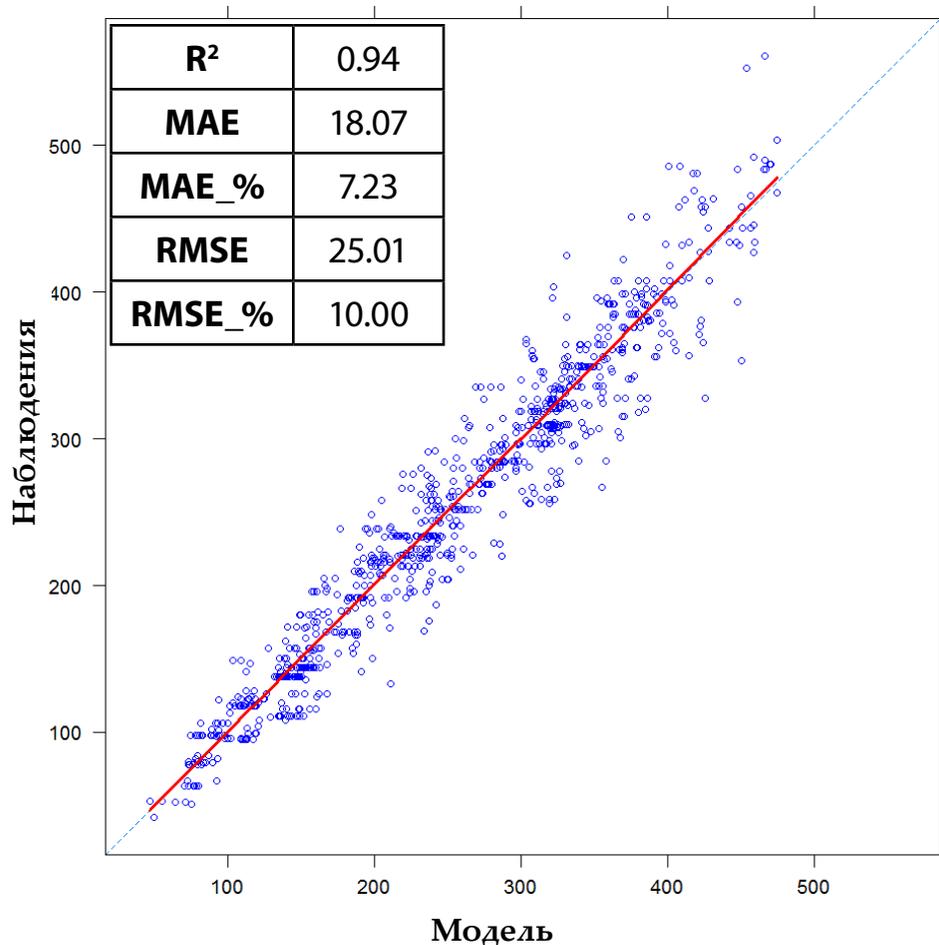
Контроль (биомасса)



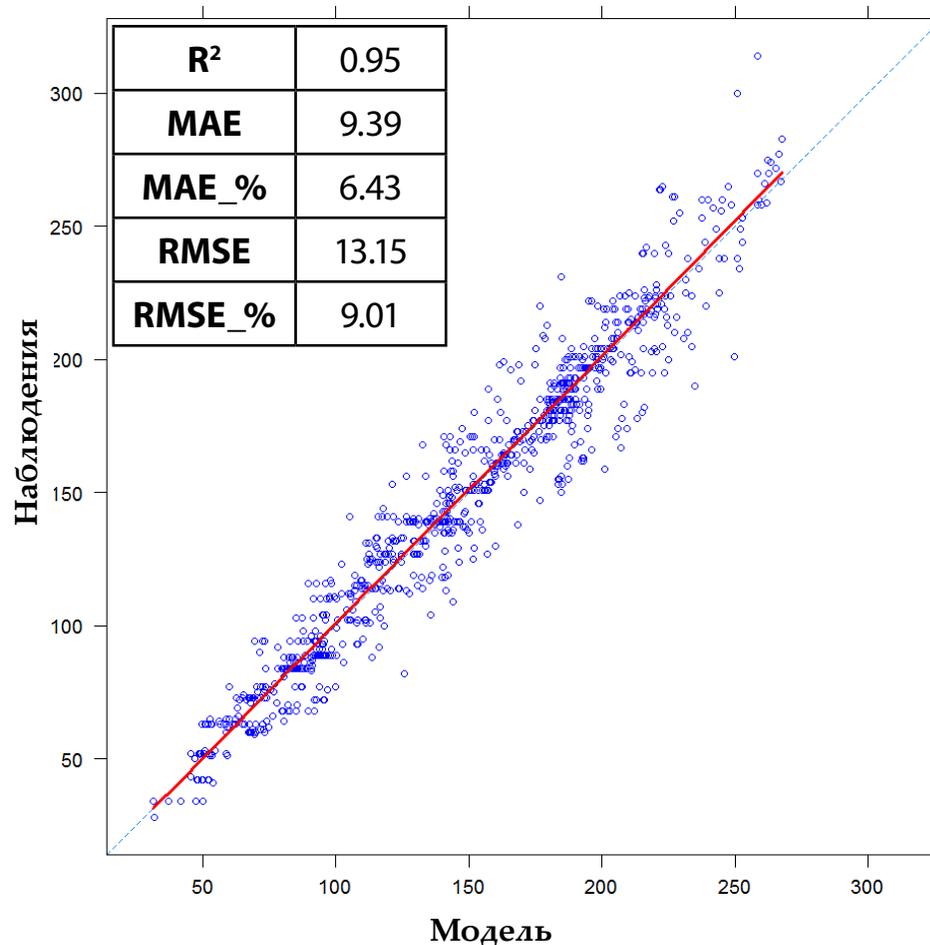
Моделирование значений запаса и биомассы

Спутниковые данные + бонитет + возраст

Контроль (запас)



Контроль (биомасса)

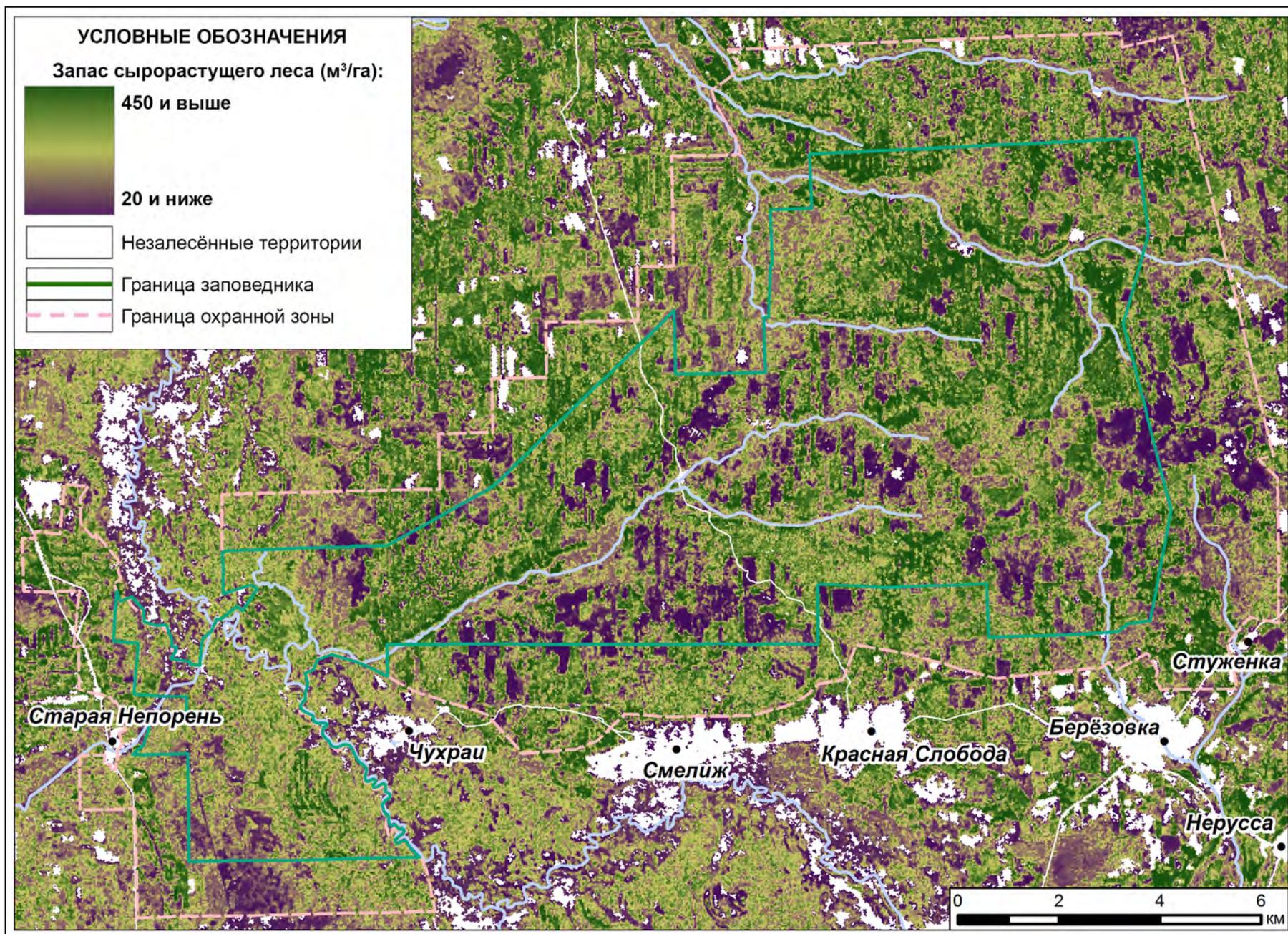


Сводные таблицы результатов моделирования

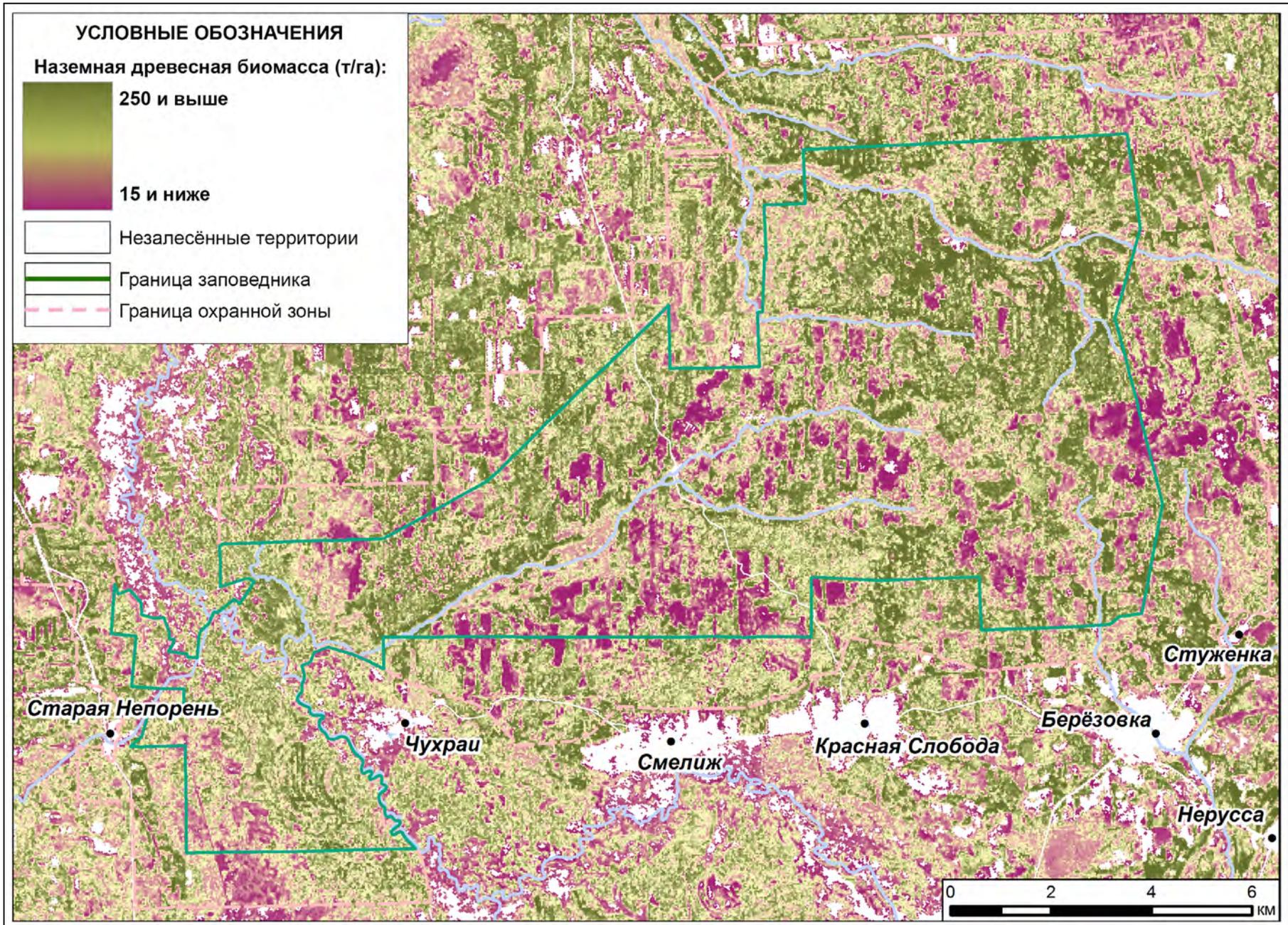
ЗАПАС	Landsat	Landsat +Бонитет	Landsat +Бонитет +Возраст	Landsat хвойные	Landsat лиственные	Landsat хв.+листв.
R²	0.60	0.78	0.94	0.79	0.67	0.59
MAE	50.41	36.80	18.07	41.26	40.79	52.77
MAE_%	20.16	14.72	7.23	38.92	28.52	21.11
RMSE	65.40	47.65	25.01	64.13	53.74	67.19
RMSE_%	26.16	19.06	10.00	60.50	37.58	26.88

БИОМАССА	Landsat	Landsat +Бонитет	Landsat +Бонитет +Возраст
R²	0.58	0.77	0.95
MAE	28.20	21.00	9.39
MAE_%	19.31	14.38	6.43
RMSE	36.39	27.12	13.15
RMSE_%	24.93	18.57	9.01

Пространственное моделирование запасов



Пространственное моделирование древесной биомассы



Выводы

- Разносезонные спутниковые данные Landsat позволяют получать пространственные оценки величин запасов стволовой древесины и наземной биомассы с точностью до $\pm 25\%$ от среднего значения по выборке без предварительной стратификации лесов территории по показателям породной структуры, возраста и производительности.
- Формальные показатели точности регрессионных моделей могут быть значительно улучшены за счет добавления переменных, характеризующих бонитет и возраст древостоев (вплоть до $\pm 20\%$ и $\pm 10\%$ соответственно).
- Наиболее информативными для моделирования спектральными признаками оказались разносезонные значения красного канала Landsat, наиболее информативными периодами года – ранняя осень, а также снежная зима и ранняя весна.
- Для надежной оценки и верификации полученных результатов требуется проведение работ по закладке значительного количества контрольных наземных пробных площадей.



XVI Всероссийская Открытая конференция
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Секция «Дистанционное зондирование растительных
и почвенных покровов»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

Е.А. Гаврилюк, Д.В. Ершов, А.В. Горнов

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва
e-mail: egor@ifi.rssi.ru

Работа выполнена за счет средств проекта РФФИ № 15-29-02697 «Выявление роли экосистемных инженеров и биоразнообразия в функционировании лесов на основе синтеза наземных и спутниковых данных» (сбор наземных данных и тематическая обработка) и ГЗ ЦЭПЛ РАН №0110-2018-0001 «Концепция спутникового мониторинга состояния и динамики лесных экосистем» (подготовка исходных спутниковых данных)

Москва, ИКИ РАН, 12 – 16 ноября 2018 года



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ЛЕСОВЕДЕНИИ, ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ЭКОЛОГИИ

ЦЭПЛ РАН
МОСКВА



С 16 по 18 апреля 2019 года ЦЭПЛ РАН совместно с ИКИ РАН будет проводить VII Всероссийскую научную конференцию (с международным участием) «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии», посвященную памяти выдающегося ученого-лесоведа, академика РАН А.С. Исаева.

Основные направления работы конференции:

- Современные и перспективные средства и методы зондирования лесного покрова.
- Методы комплексной обработки данных ДЗЗ различного пространственного, спектрального и временного разрешения для изучения лесов.
- Дистанционные и геоинформационные методы в оценке ресурсного потенциала, биологического разнообразия и экосистемных функций леса.
- Облачные технологии хранения, обработки и представления продуктов дистанционного зондирования Земли и наземной информации о лесах.
- ДЗЗ и ГИС стартапы в лесном хозяйстве и экологии.
- Современные методы и технологии дистанционного обучения использованию и обработки данных ДЗЗ и ГИС в интересах лесного хозяйства и экологии.

Подробная информация о конференции размещена на сайте ЦЭПЛ РАН:
www.cepl.rssi.ru

Предварительная регистрация – до 30 ноября 2018 г.