

# Изменение ареала произрастания древесно-кустарниковой растительности на территории России за последние двадцать два года спутниковых наблюдений

Ховратович Т.С., Барталев С.А., Ворушилов И.И., Егоров В.А., Миклашевич Т.С., Сайгин И.А., Стыценко Е.А., Стыценко Ф.В., Хвостиков С.А.

kurat@d902.iki.rssi.ru

Древесно-кустарниковый покров подвержен непрерывным изменениям. Существует большое количество независимых исследований, подтверждающих локальное распространения древесно-кустарниковой растительности (ДКР) на новые территории в северных широтах в связи с изменением климатических показателей, таких как повышение температуры и влажности. Кроме того, вследствие забрасывания сельскохозяйственных земель с конца 90х годов прошлого века, площадь покрытая лесами в южных районах центральной России увеличилась по разным оценкам примерно на 30-40 млн. га. Данная работа призвана систематизировать имеющиеся знания о динамике границ произрастания древесно-кустарниковой растительности, чтобы определить регионы наиболее активной экспансии древесной растительности и оценить масштабы этого явления на территории страны.

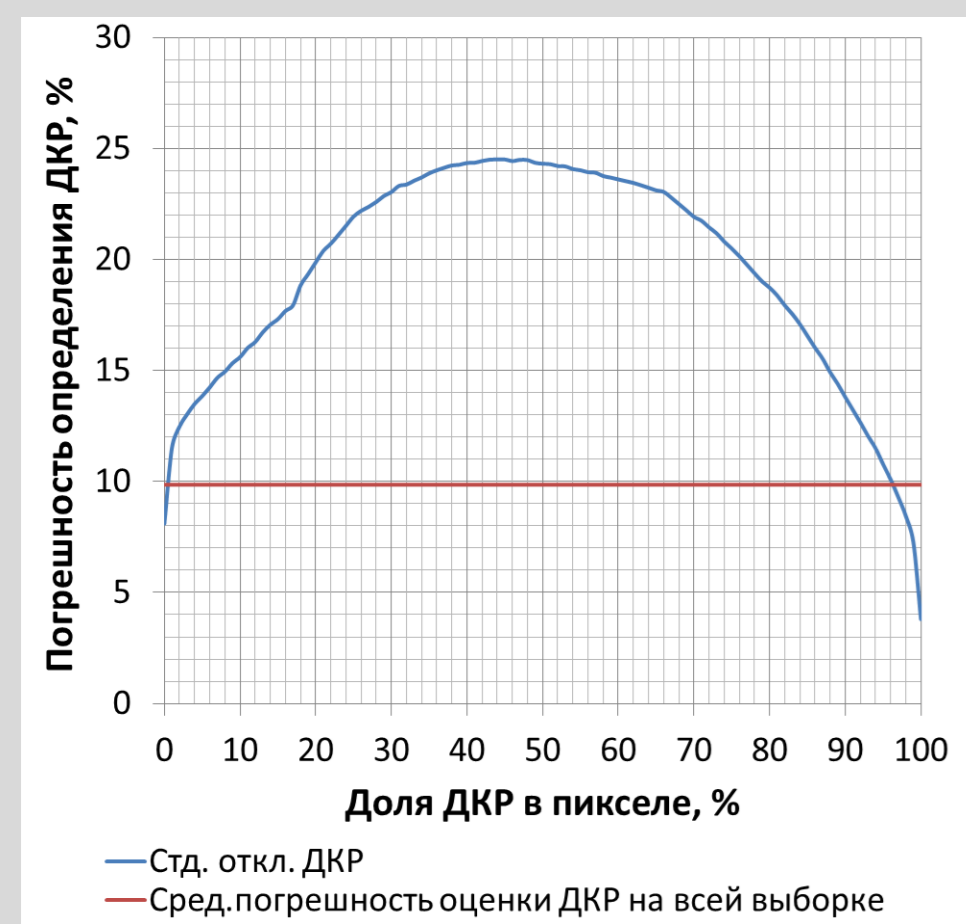
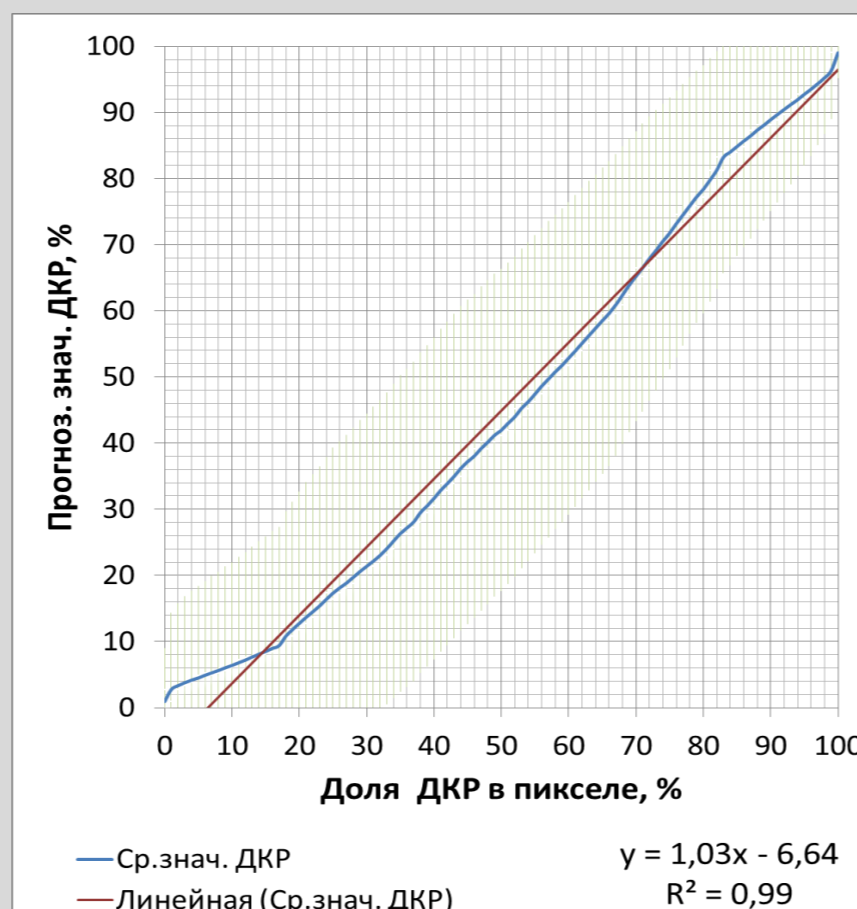
## Схема картографирования древесно-кустарниковой растительности



\* Chen J., Ban Y., Li S. China: Open access to Earth land-cover map, Nature, 2014, 514(7523): 434-434  
 \*\* Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N.E., Xu, P., Ramoino, F., Arino, O., 2022. ESA WorldCover 10 m 2021 v200.  
 \*\*\* Данные актуализированной цифровой основы государственной инвентаризации лесов (АЦО ГИЛ) о кустарниках

## Точность оценки и валидация построенных карт древесно-кустарниковой растительности

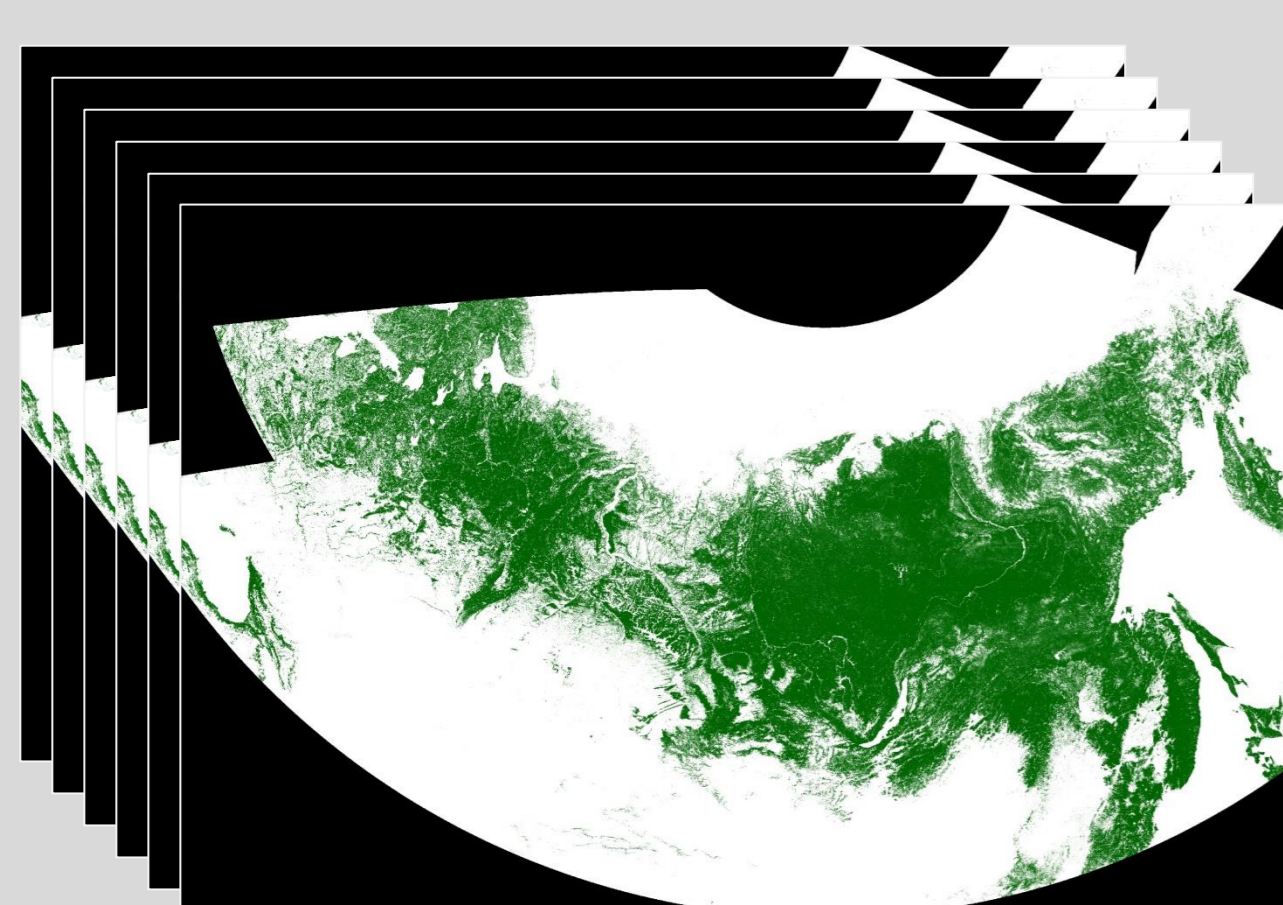
- Размер выборки, используемой для обучения моделей выборки – 10 млн. случайно выбранных пикселей, равномерно из 10 страт значений ДКР с шагом 10% (по 2 млн. из каждой страты)
- ООВ(R<sup>2</sup>) обучении 0,84 для кустарниковой и 0,96 для древесной растительности
- Валидация построенной карты на 2020 год проводилась по всем доступным значениям опорной выборки (> 100 млн. пикселей)
- RMSE по всей выборке составила 9,85%
- Набольшие значения погрешности соответствуют граничным пикселям можно беслесными территориями и лесными массивами



- Устойчивость оценок оценивалась по пикселям без изменений по данным временного ряда карт растительности и Global Forest Change. Средняя устойчивость оценки по времени составила 2,48. Оценки для наиболее неустойчивых классов представлены ниже:

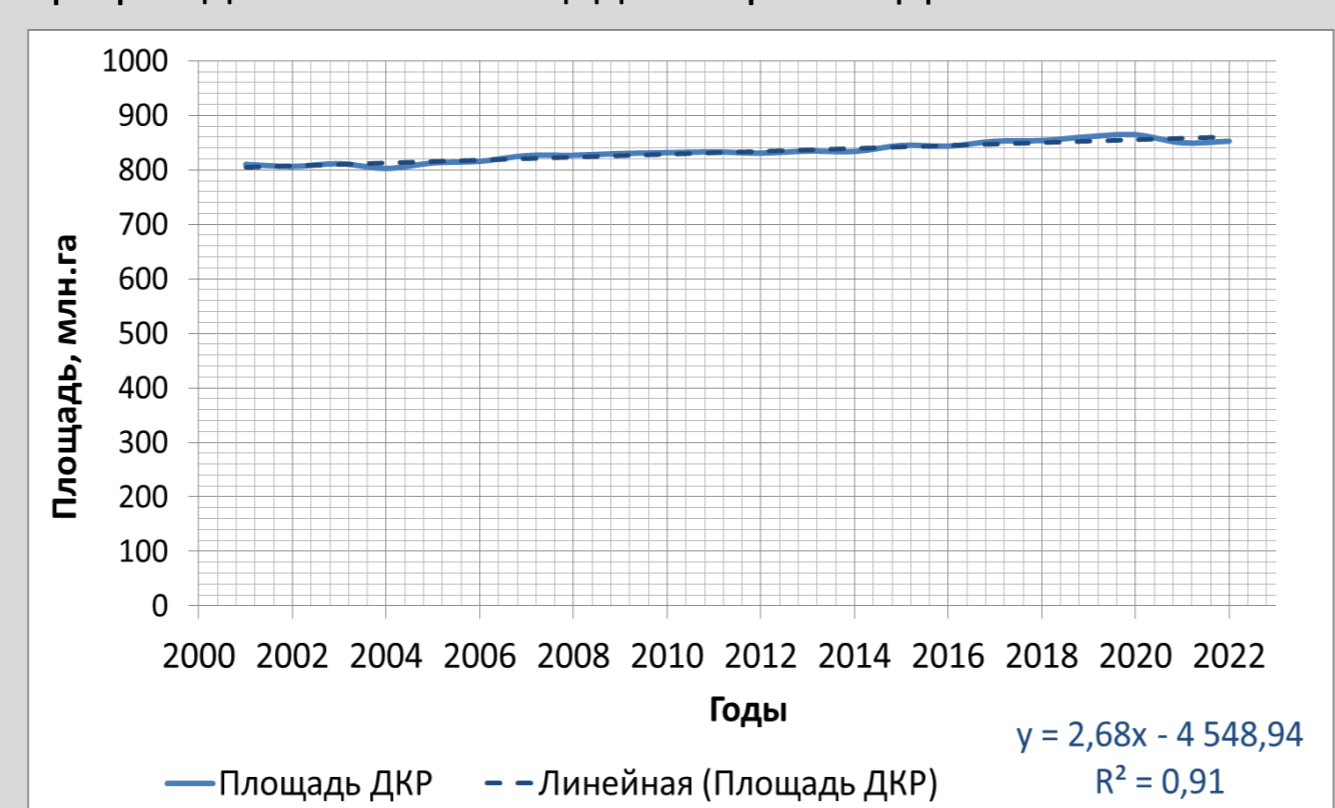
Свежие гари	10,67
Лиственные кустарники	7,87
Прибрежная растительность	7,08
Редины лиственных	6,26
Лиственные леса	6,26
Луга	5,49
Хвойные вечнозеленые кустарники	5,02

## Результат картографирования древесно-кустарниковой растительности



Временной ряд оценок ДКР в пикселе данных с 2001 по 2022 год

График динамики площади покрытой ДКР с 2001 по 2022



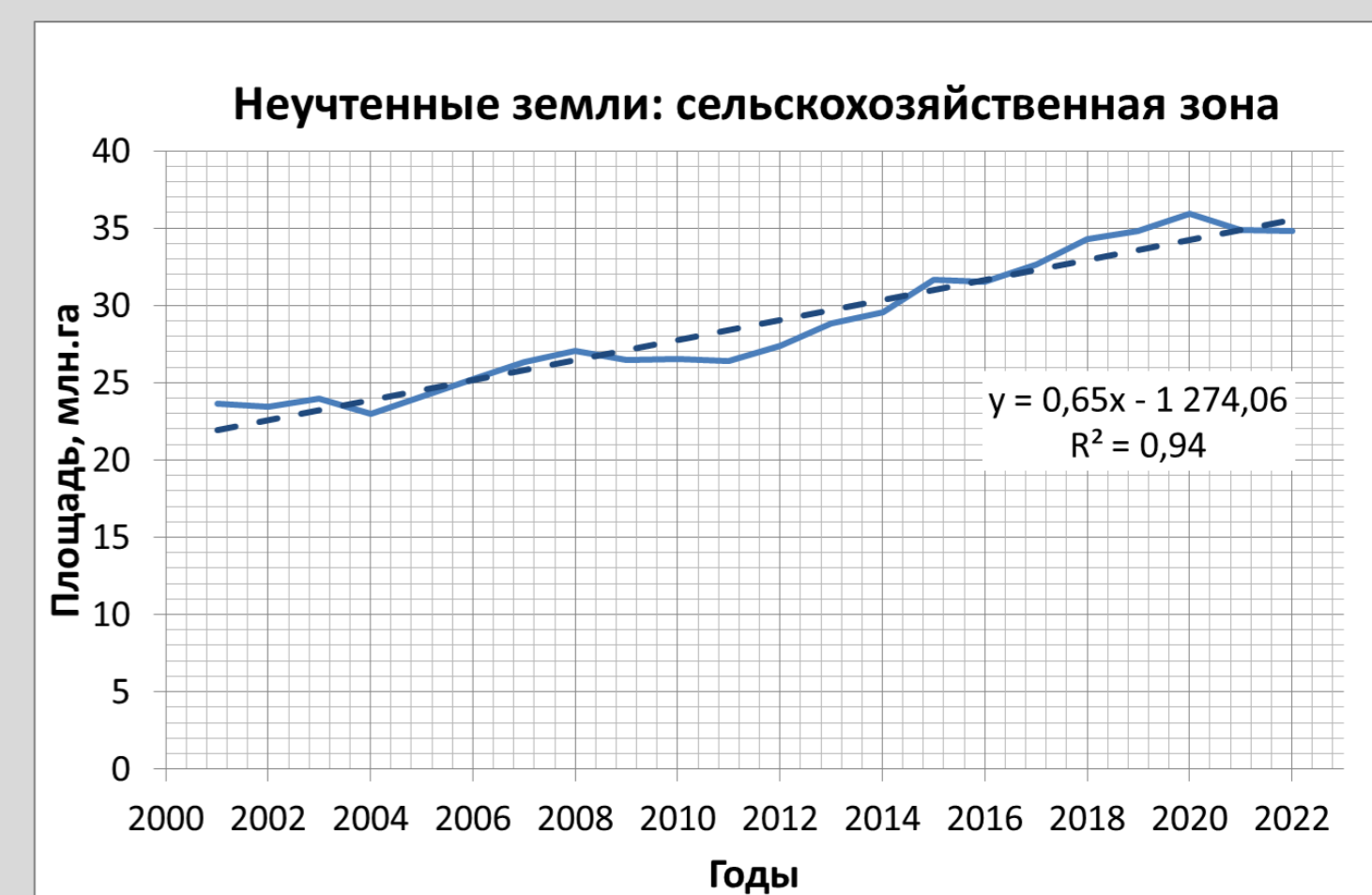
Общая площадь, покрытая ДКР (без учета ее состояния, то есть включая поврежденные участки и сухой) растет на протяжении всего периода наблюдения.

## Изменение границ произрастания древесно-кустарниковой растительности



- Учтенные государством лесные земли:
- Управляемые леса (защитные и эксплуатационные леса лесного фонда, лесные земли ООПТ, обороны и безопасности, городские леса)
  - Резервные леса
- Неучтенные земли, на которых может произрастать ДКР:
- Сельскохозяйственная зона
  - Тундровая зона

За рассматриваемый период площадь, покрытая ДКР, в зоне активного земледелия, выросла на 11,3 млн.га до 34,8 млн.га. Средний прирост площади в год составил 650 тыс. га в год. В зоне тундры площадь ДКР выросла на 2,4 млн.га и составила 6,72 млн.га с средним приростом 120 тыс.га в год.

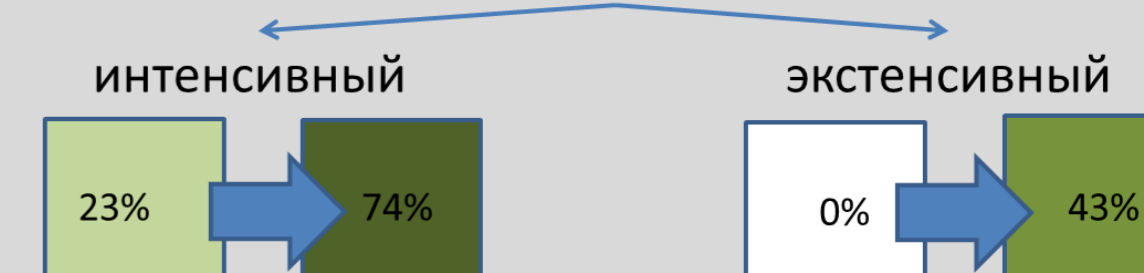


## Анализ временного ряда ДКР за период с 2001 по 2022 год

Карта изменения границ произрастания ДКР на основе средних приростов ДКР в пикселе, оцененных с помощью временного ряда ДКР



### Рост площади ДКР по данным ДЗЗ



Изменение площади ДКР	Сельхоз.зона	Тундровая зона
экстенсивное	+4.3 млн га 38%	+1.5 млн га 57.7%
интенсивное	+7 млн га 62%	+1.1 млн га 42.3%

На основании полученных данных можно выделить две зоны наиболее активной экспансии ДКР - зона смешанных и широколиственных лесов Европейской части РФ и лесотундровая зона Восточной Сибири. Первая с высокой вероятностью связана с прекращением земледелия на сельскохозяйственных землях, вторая - с наиболее значительными климатическими изменениями на территории РФ (ростом температуры). Для зарастания на Европейской части РФ более характерен интенсивный рост площади ДКР, связанный с тем что процесс забрасывания начался существенно ранее момента начала наблюдения в конце XX века. В лесотундровой зоне рост площади ДКР вызван как интенсивным ростом площади внутри пикселя данных, так и захватом новых территорий.

## Примеры зарастания древесно-кустарниковой растительностью

Регион	2001	2022	Прирост ДКР	Тип
Смоленская область				Луга и с/х поля
Ульяновская область				Луга и с/х поля
Карелия				Вырубки и старые гари
Ямало-ненецкий АО				Старые гари, северная граница леса
Коми				Северная граница леса