



# Оценка ситуации с зарастанием сельскохозяйственных земель лесной растительностью на примере Угличского района Ярославской области

**А. Маслов**, д-р биол. наук, **А. Гульбе**, канд. биол. наук, **Я. Гульбе**, канд. биол. наук, **М. Медведева**, **А. Сири**н, д-р биол. наук, Институт лесоведения РАН

## Введение

Социально-экономический кризис, поразивший отечественное сельское хозяйство в начале 1990-х годов, привел к тому, что многие пашни, сенокосы, пастбища перестали использоваться. К 2010 году только площадь заброшенной пашни, по официальным данным, составляла в России 31,6 млн га [19]. В результате в условиях лесной зоны заброшенные участки сельскохозяйственных земель начали зарастать древесно-кустарниковой растительностью. За 25–30 лет на многих таких участках сформировались полноценные лесные насаждения, что подтверждается данными глобального мониторинга лесного покрова с помощью данных Landsat [22].

За последние годы опубликован ряд работ, посвященных процессам зарастания сельскохозяйственных земель лесом. В отдельных районах геоботаниками и лесоводами описаны стадии сукцессионной динамики, а также состав и продуктивность формирующихся лесных насаждений [1, 3, 4, 5, 7, 12, 17, 18]. Анализ дистанционных данных позволил выявить скорость процессов зарастания и оценить их в глобальном масштабе [19, 22]. Имеются примеры успешного сочетания дистанционных и наземных методов в масштабах района или хозяйства [2, 8, 14]. Однако последствия происходящей в лесной зоне России экспансии древесно-кустарниковой растительности на выведенные из сельскохозяйственного оборота земли не получили должной оценки ни с экологической, ни с хозяйственной точки зрения. Во многом это обус-

ловлено тем, что до сих пор не установлены реальные масштабы зарастания сельскохозяйственных земель и характеристики формирующихся на них лесных насаждений. Определение лесохозяйственного и природоохранного значения возникших лесов и обоснование хозяйственных мероприятий на сельскохозяйственных землях необходимо начинать с инвентаризационных работ.

По социальным и экономическим причинам (неплодородные почвы, уменьшение численности населения, недостаточность государственной поддержки сельского хозяйства) процессы зарастания сельскохозяйственных земель древесной растительностью наиболее интенсивно протекают в Нечерноземной зоне Европейской России [22, рис. 9D]. В то же время здесь имеются и специфические условия, затрудняющие процесс инвентаризации. К ним относятся:

- мелкоконтурность участков сельскохозяйственных земель, зарастающих лесом;
- пространственная неоднородность процессов зарастания;
- отсутствие актуальных материалов лесоустройства и границ колхозных лесов на более старых лесных картах;
- недостаточно высокое пространственное разрешение и небольшой выбор материалов космической съемки в начальный период зарастания.

В этой связи достоверные результаты по оценке площади и состава лесов, формирующихся на заброшенных сельскохозяйственных землях, целесообразно получать путем совместного применения дистанционных, картографических методов и наземных обследований на ключевых участках.

Цель работы — разработка методологии оценки ситуации с зарастанием сельскохозяйственных земель лесной растительностью на региональном уровне и оценка по разработанной методике модельного региона.

В задачи проекта входило:

- отобрать доступные картографические материалы и данные космической съемки на период зарастания сельскохозяйственных земель лесом с максимально возможным использованием открытых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);
- создать исходный (базовый) слой ГИС сельскохозяйственных земель на момент до начала процессов зарастания лесом;
- заложить сеть наземных точек в разных по составу и полноте участках зарастающих сельскохозяйственных земель;
- провести контурное дешифрирование заросших лесом участков по материалам космической съемки высокого разрешения;
- подготовить (на основе данных наземных точек) обучающую выборку для контролируемой классификации спутниковых изображений;
- выполнить классификацию породного состава зарастающих полей и провести экспертную оценку полученных результатов;
- вычислить площади заросших лесом сельскохозяйственных земель по доминирующей древесной породе (береза, ольха серая, сосна).

В качестве временного интервала для оценки зарастания лесом заброшенных земель выбран 30-летний период — с 1985 года, когда объем сельскохозяйственного производства района достигал значительных объемов, до 2015 года.

## Краткая характеристика района работ

Пилотной (модельной) территорией выбран Угличский район Ярославской области. По данным глобального мониторинга, для области в целом характерна средняя интенсив-

<sup>1</sup> Материал подготовлен в рамках проекта «Разработка методологии оценки ситуации с зарастанием сельскохозяйственных земель лесной растительностью на региональном уровне и оценка по разработанной методике модельного участка», поддержанного Всемирным фондом дикой природы в рамках проекта «Партнерство WWF—IKEA по лесам». Авторы выражают признательность Н. А. Валяевой за помощь в обработке материалов.



ность процессов зарастания [22]. Район типичен для центра Нечерноземья по лесорастительным условиям, состоянию сельского и лесного хозяйства. Площадь района — 2600 км<sup>2</sup> (это четвертый район по площади в Ярославской области), численность населения в 2015 году составляла 45,7 тыс. человек, из них более 70 % проживало в г. Угличе.

Поверхность района представляет собой слабо всхолмленную, местами заболоченную равнину, прорезанную долинами Волги и ее притоков. Левобережная (западная часть) района довольно сильно заболочена. Преобладающий тип почв — дерново-подзолистые. На территории района расположено Угличское лесничество. Покрытая лесом площадь составляет 1072 км<sup>2</sup> [10], лесистость района — около 40 %. Из общей площади лесов 16 % приходится на сосновые насаждения, 29 — на еловые, 35 — на березовые и 13 % — на осиновые. Такое распределение лесов по преобладающим породам характерно и для соседних районов области, где в результате рубок часть хвойных лесов сменилась мягколиственными.

### Подбор картографических материалов и данных космической съемки

Наличие и возможность использования картографических материалов и данных космической съемки во многом определяют методологию и этапы работы по выявлению заброшенных сельскохозяйственных земель и возникших на них участков леса. Планированию работ нередко мешает укоренившийся (даже среди специалистов) миф о том, что на любую дату и любой регион имеется космическая съемка необходимого разрешения. Как показал наш опыт работы по многим проектам с привлечением данных ДЗЗ, наличие необходимой съемки в открытых (и даже коммерческих) архивах данных нередко можно считать удачей [11, 15]. Относительно гарантированное получение съемки с заданными параметрами возможно, как правило, через оперативный заказ новой съемки на конкретный регион у коммерческих операторов ДЗЗ.

Для целей проекта требовались картографические материалы и (или) данные космической съемки на период до начала зарастания сельскохозяйственных земель (середина 1980-х годов) и на период проведения оценки — 2015 год. Как показал анализ доступных картографических материалов, на территорию Угличского района имеются топографические карты масштаба 1:100 000 (1 см на карте соответствует 1 км на местности), обновленные по данным аэрофото-съемки в 1981–1984 годах. Оцифровку земель было решено сделать по этим картам. Кроме топографических карт использована карта-схема Угличского лесничества (с границами гослесфонда на 2010 год), размещенная на сайте Департамента лесного хозяйства Ярославской области и геопривязанная по материалам космической съемки.

Классификация породного состава лесных участков на зарастающих сельскохозяйственных землях возможна только по данным мультиспектральной космической съемки среднего, высокого или сверхвысокого разрешения. При отборе (поиске) материалов космической съемки мы руководствовались следующими критериями:

- актуальность съемки — 2015 год;
- период съемки — с 15 мая по 30 августа (оптимальные даты — с 1 июня по 31 июля);
- пространственное разрешение — 30 м (открытые данные Landsat) и лучше (10–6–2 м);
- мультиспектральная съемка с наличием каналов NIR (и желательно, SWIR);
- безоблачное покрытие пилотного региона;
- покрытие всего пилотного региона одним снимком

или близкие даты съемки отдельных фрагментов при необходимости формировать мозаику из разных снимков.

Анализ мировых архивов открытых и коммерческих данных ДЗЗ за 2015 год показал, что отсутствуют данные, соответствующие всем приведенным выше критериям. Данные среднего разрешения Landsat 8 имели сильную облачность. Облачность больше 10 % имели также снимки высокого разрешения со спутников Spot 6 и Spot 7. Данные спутника Landsat 7 (из-за серьезной неисправности в работе прибора ETM+) содержали полосы пропусков (в виде зебры), из-за чего покрытие региона можно было сформировать только из нескольких снимков с разными датами.

В результате критерии отбора материалов космической съемки пришлось изменить и использовать для проекта несколько типов данных. Для более точной привязки сельскохозяйственных земель и контурного дешифрирования заросших участков закуплена мультиспектральная съемка со спутников Spot 6 и Spot 7 с формированием ортомозаики на весь пилотный регион. Для классификации типов земель и породного состава лесов отобраны три (дополняющих друг друга) снимка Landsat 7. Дополнительно к летней съемке для уверенного разграничения типов земель «лес — не лес», участков зарастающих земель и категорий «хвойный лес», «лиственный лес» отобран зимний панхроматический снимок Landsat 8. Эффективность использования зимней съемки для разделения лесных и безлесных участков была показана ранее в работе [21]. Полные данные об использованной космической съемке представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика спутниковых данных

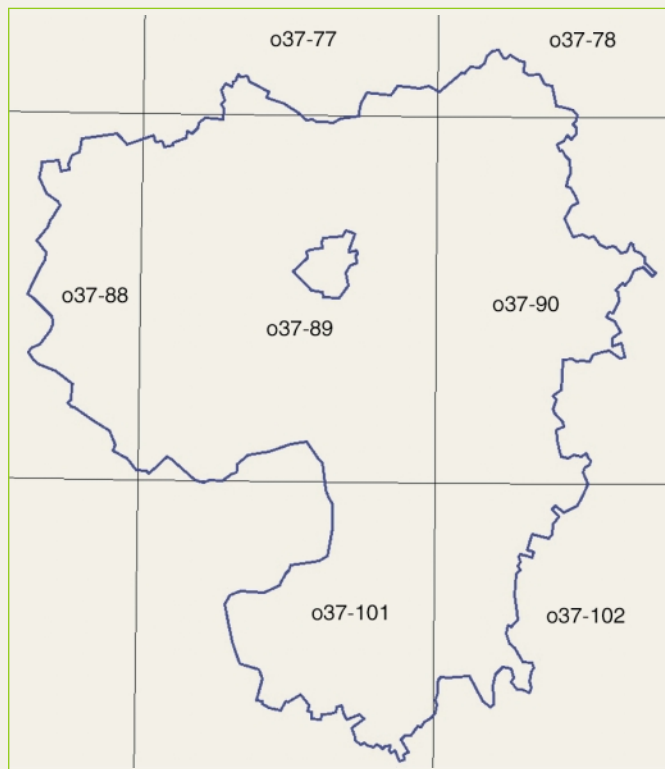
Спутник	Дата съемки	Тип данных	Разрешение, м
Spot 6	12 августа 2015 года	Мультиспектр	6
Spot 7	20 августа 2015 года	То же	6
	25 августа 2015 года	"_"	6
Landsat 7	28 мая 2015 года	"_"	30
	3 июня 2015 года	"_"	30
	22 августа 2015 года	"_"	30
Landsat 8	25 марта 2016 года	Панхром	15

На начальном этапе работы (при планировании наземных точек) использовались также материалы космической съемки с сайтов Google Maps и Яндекс Карты. Как оказалось, большая часть территории Угличского района на этих сайтах покрыта съемкой сверхвысокого разрешения (2 м и лучше), что позволило отобрать ключевые участки заброшенных сельскохозяйственных земель с разной стадией зарастания. Использование материалов с данных картографических сайтов затрудняют одновременность, разносезонность съемки и процедура fusion при формировании изображений, что делает нецелесообразным применение методов автоматической классификации для анализа породного состава лесов. Кроме того, согласно лицензионному соглашению копировать контент и скачивать данные с этих сайтов запрещается.

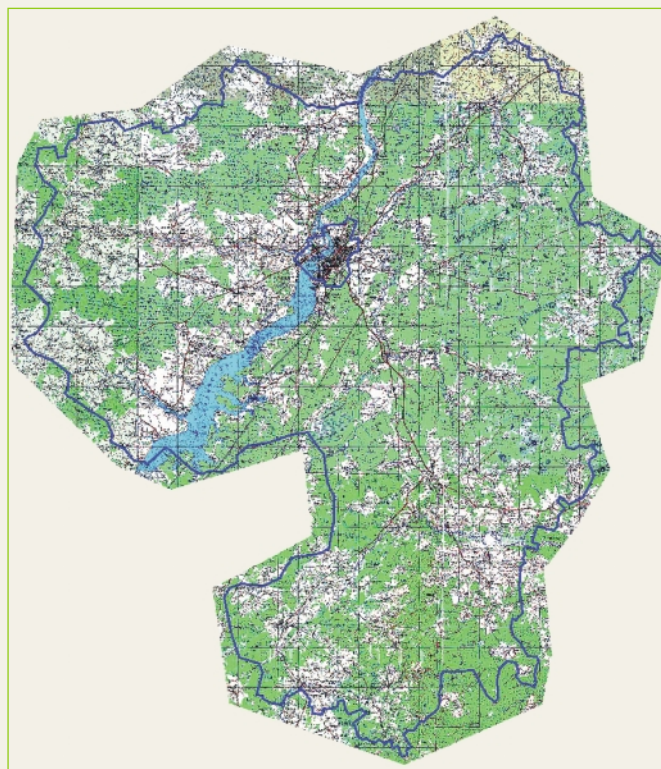
### Картографирование сельскохозяйственных земель до начала зарастания

Ручное оконтуривание сельскохозяйственных земель по единой мозаике топокарт проведено в лицензионном пакете MapInfo 12. Всего обработано семь листов топокарт масштаба 1:100 000 (рис. 1).





а



б

Рис. 1. Номенклатура листов топокарты (а) и вид единой мозаики Угличского района (б)

Отнесение конкретных контуров на топокарте к категории сельскохозяйственных земель проведено на основании условных знаков и обозначений топокарт. Первоначально созданный слой отдельных участков полей и лугов (сенокосов) в дальнейшем был укрупнен с включением в этот слой территории населенных пунктов (за исключением Углича), речных долин и участков автодорог, непосредственно примыкающих к сельскохозяйственным землям. Последнее связано с тем, что реки и автодороги на картах масштаба 1:100 000 показаны внесмасштабными знаками и их ширина на карте существенно превышает реальную ширину в натуре.

Определенной проблемой при ручном оконтуривании сельскохозяйственных земель по топокарте являются безлесные контуры, со всех сторон окруженные лесом. Обозначения топокарты не всегда позволяли однозначно определить, является ли участок полем (лугом) или не покрытым лесом участком (полянкой, прогалиной, вырубкой) в пределах земель лесного фонда. Отбраковка небольшого числа таких контуров, попавших на территорию лесного фонда, проводилась с использованием геопривязанной схемы лесов Угличского лесничества.

При совмещении в ГИС слоя сельскохозяйственных земель с топокарт и слоя детальной (6 м) космической съемки 2015 года обнаружено, что часть контуров земель (при правильной форме и площади) имеет смещение относительно тех же контуров на космическом снимке. При этом границы даже заросших лесом сельскохозяйственных земель хорошо видны на актуальной съемке. При выявлении таких расхождений положение контуров сельскохозяйственных земель с топокарты середины 1980-х годов скорректировано по актуальной ортопривязанной космической съемке 2015 года для приведения всех геоданных к единому базису.

### Планирование и закладка наземных точек

Планирование ключевых участков и размещение наземных точек для полевых описаний на зарастающих сельскохозяй-

ственных землях закладывает основу для корректной классификации мультиспектральных космических снимков и характеризует соответствующие классы типов земель. Распределение ключевых участков по территории пилотного региона осуществляли с учетом деления Угличского района на четыре участковых лесничества, которые отражают природные особенности разных частей района (рис. 2). Главная



Рис. 2. Распределение ключевых участков и точек по участковым лесничествам





Рис. 3. Планирование наземных точек по данным сервиса Яндекс Карты

задача при размещении наземных точек — представить в выборке описаний все четыре лесничества и участки зарастающих лесом полей с насаждениями различного состава, густоты и возраста.



© А. Гульбе



© А. Гульбе



© А. Гульбе



© А. Гульбе

Рис. 4. Основные типы сообществ на зарастающих сельскохозяйственных землях Угличского района — березняки, сероольшаники, сосняки и сильно мозаичные участки

Подбор ключевых участков (участков зарастающих сельскохозяйственных земель) проведен по данным картографических сервисов Google Maps и Яндекс Карты (рис. 3). Наземные точки (waypoints) для описания намечены по снимкам заранее в камеральных условиях так, чтобы к ним можно было быстро добраться, загрузив координаты в GPS-навигатор. Конкретные точки намечались на участках с различным (по снимку) породным составом и густотой древесного яруса, а также в прилегающих к данному полю участках леса. При необходимости непосредственно в поле положение намеченных камеральных точек могло смещаться в сторону центра однородного выдела. В тех случаях, когда при выезде намеченная точка оказывалась недоступной, на месте, по возможности, выбирались новые точки для описания. В отобранных точках выполнялось описание древостоя с определением породного состава, возраста, диаметра стволов и сомкнутости первого и второго ярусов. Структура верхнего полога и общий вид участка фотографировались.

На рис. 2 представлены все ключевые участки, где выполнено наземное описание. Общее число наземных точек составило 42, при этом среди участков, зарастающих древесно-кустарниковой растительностью, большая часть точек



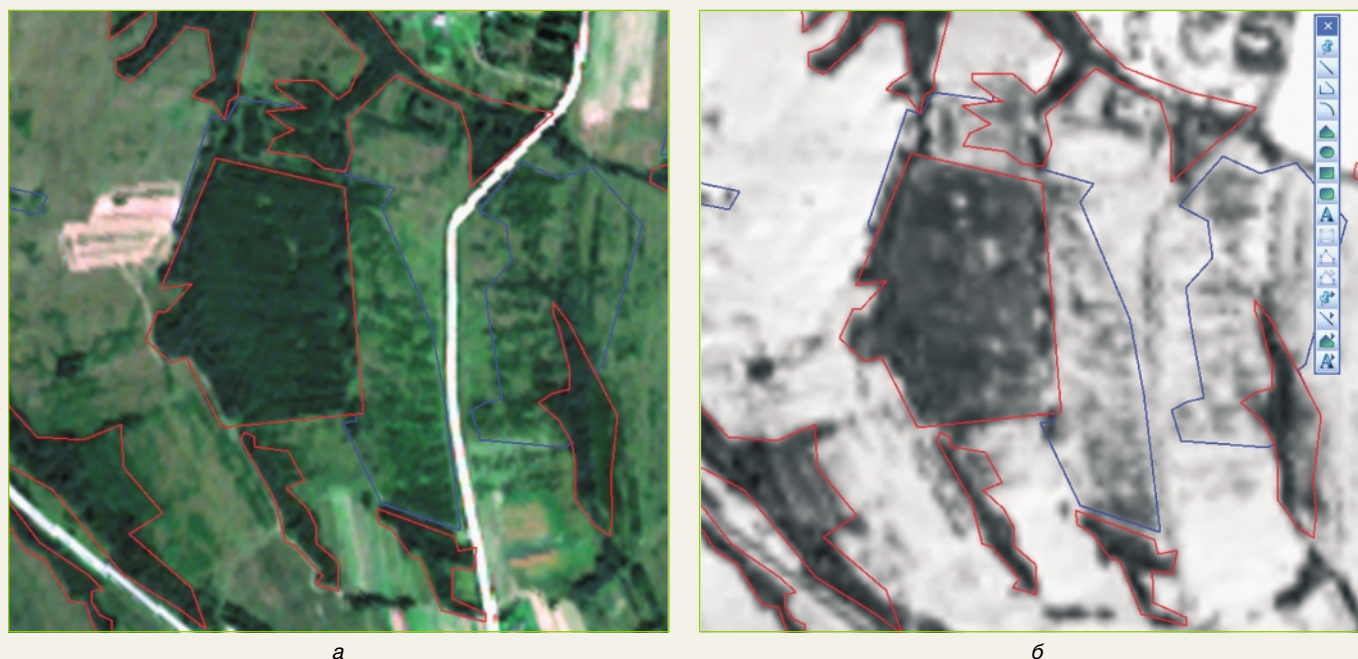


Рис. 5. Отображение несомкнутых (синий контур) и сформировавшихся (красный контур) лесных насаждений на летнем снимке Spot 6 (а) и зимнем снимке Landsat 8 (б) в процессе дешифрирования в окне MapInfo

(13) пришлось на лесные выделы с доминированием березы и зарастающие березой участки полей. На втором месте после березы по встречаемости была ольха серая (шесть точек). На рис. 4 показаны основные типы сообществ на зарастающих сельскохозяйственных землях Угличского района: березняки; сероольшаники; сосняки; сильно мозаичные участки полей, зарастающих различными древесными породами разной степени густоты и с прогалинами между ними. Последние участки (в силу их высокой неоднородности) довольно сложно описывать и дешифрировать по космическим снимкам Landsat, так как в один пиксель (30 м) попадают как сомкнутые куртины деревьев разных пород, так и открытые участки с луговой растительностью.

### Контурное дешифрирование леса на зарастающих сельскохозяйственных землях

Контурное ручное дешифрирование проведено по данным высокодетальной космической съемки Spot 6 от 7 августа 2015 года и панхроматической зимней съемки Landsat 8 от 25 марта 2016 года. Данные Spot поставлены Инженерно-технологическим центром «СканЭкс» с исходной гистограммой каналов. Такая форма данных позволила самостоятельно выбрать нужный тип RGB-синтеза, отредактировать гистограмму каналов и профессионально провести привязку снимка. В качестве трехканального RGB-синтеза выбран зеленый спектр из NIR-Red-Green (в псевдонатуральных цветах), при котором большинство объектов и прежде всего растительность имеют цвета, близкие к естественным.

Обработка космических снимков (ортотрансформирование, цветовой RGB-синтез, обрезка и создание единой мозаики из фрагментов космической съемки) осуществлена в лицензионном пакете ScanexImageProcessor 4.2.

В связи с сильной неоднородностью процессов зарастания в пространстве и во времени принято выделять следующие стадии формирования леса на сельскохозяйственных землях [2]:

- нулевая — процессы зарастания отсутствуют;
- первая — появляется кустарник и небольшой подрост древесных пород с проективным покрытием не более

10 %, по высоте древесные растения еще соизмеримы с травяным ярусом и конкурируют с ним за пространство;

- вторая — формируются небольшие группы подроста древесных пород и зарослей кустарника, в большинстве случаев деревья и кустарники еще не конкурируют друг с другом, так как сомкнутость их невысокая (до 20 %);
- третья — деревьев становится больше, начинает формироваться древесно-кустарниковый ярус разной высоты, сомкнутость увеличивается настолько, что деревья и кустарники начинают активно конкурировать друг с другом;
- четвертая — сомкнутый молодой лес с небольшим участием кустарников.

Отдельной проблемой при изучении зарастания является то, что в Российской Федерации до сих пор отсутствует точное определение понятия «лес» [14]. Согласно Инструкции по проведению лесоустройства в лесном фонде России [6] к покрытым лесом относятся земли, занятые молодняками с полнотой 0,4 и выше. По нашим данным, в молодняках березы относительной полноты 0,4 соответствует сомкнутость полога примерно 50 %. Однако по документам ФАО к лесам (для национальной отчетности) относятся участки земли площадью более 0,5 га с деревьями высотой более 5 м и с лесным покровом более 10 % [14]. В настоящей работе при контурном ручном дешифрировании мы выделяли по снимкам две категории выделов — несомкнутый лес (сомкнутость от 20 до 50 %) и сформировавшиеся молодняки (сомкнутость от 50 %), что соответствует третьей и четвертой стадиям зарастания по Е. В. Белорусцевой [2]. Оцифровка контуров и отнесение их к одной из двух категорий проведены путем параллельного анализа летнего снимка Spot 6 и зимнего снимка Landsat 8 (рис. 5).

### Классификация мультиспектральных космических снимков

#### Подготовка спутниковых данных

Использование данных Landsat 7 в связи с наличием пропусков съемки в виде полос потребовало для создания полной мозаики обработки трех разных снимков за разные даты.

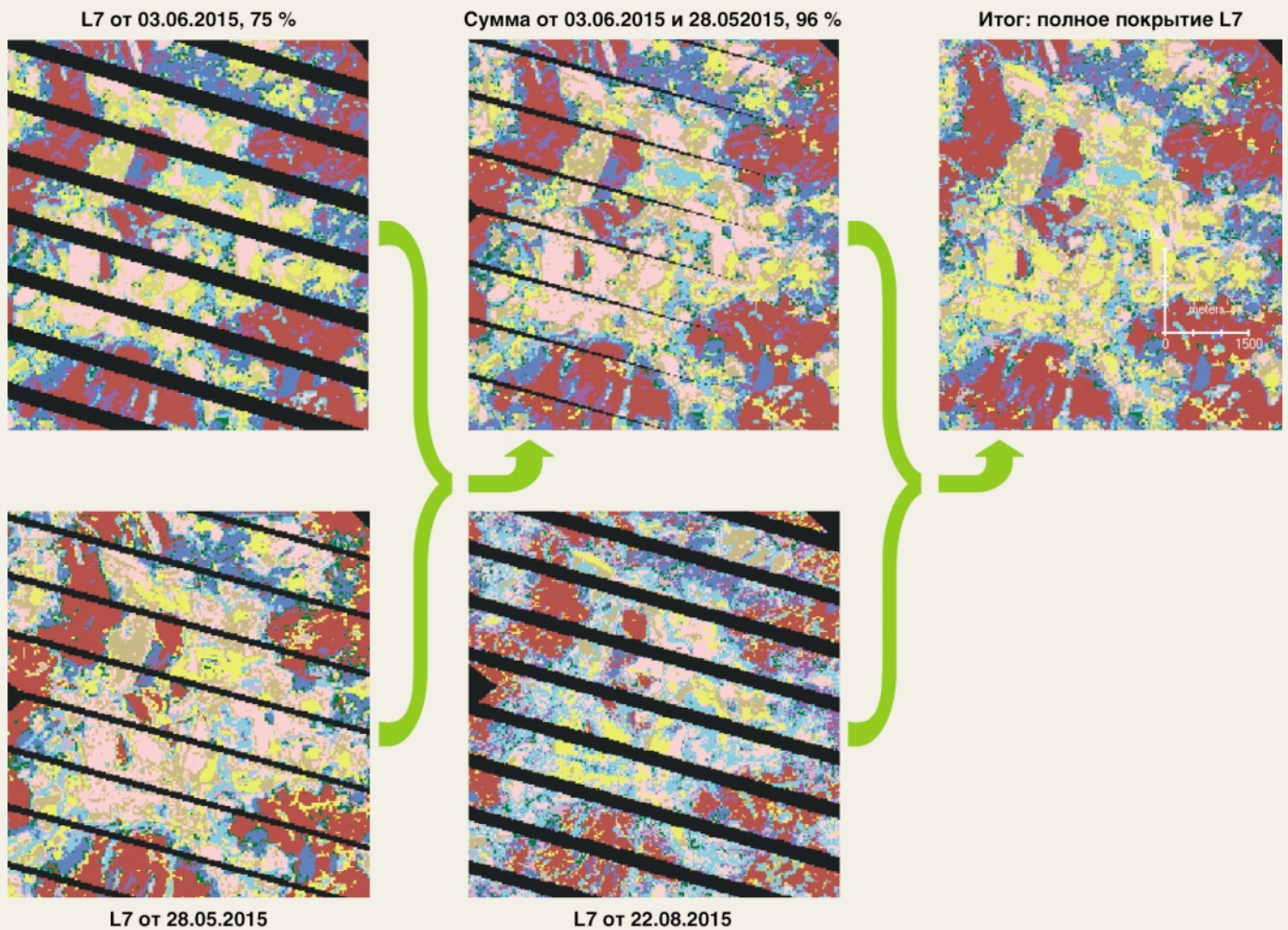


Рис. 6. Последовательность формирования единого покрытия Landsat 7 из трех отдельных изображений по результатам классификации

Базовым снимком выбран кадр от 3 июня 2015 года. Процедура формирования полного покрытия показана на рис. 6. При обработке снимков и классификации использованы каналы видимой части спектра (1–3), NIR (4) и два канала SWIR (5, 7).

### Классификация спутниковых изображений

В связи с выявленной при полевой закладке наземных точек высокой мозаичностью растительного покрова (при сравнительно большом — 30 м — размере пикселя Landsat) классификация снимков проводилась в два этапа.

На первом этапе необучаемой классификацией по методу ISODATA [20] каждый летний снимок (в границах пилотного региона) разбивался на четыре типа покрова: травяная и кустарниковая растительность, зарастающие сельскохозяйственные земли (до формирования лесных насаждений); хвойный лес; лиственный лес; водные поверхности. Зимний снимок разбит на две категории — «лес» и «не лес». Полученные в результате маски «не лес» и «вода» исключены из дальнейшей обработки.

На втором этапе для оставшихся типов покрова проведена классификация с обучением. Для этого все наземные точки разбиты на следующие классы:

- 1 — хвойный лес с доминированием сосны;
- 2 — лиственный лес с доминированием березы;
- 3 — лиственный лес с доминированием ольхи серой;
- 4 — лиственный лес с доминированием ивы;
- 5 — смешанный хвойно-лиственный лес;
- 6 — зарастающие деревьями поля с преобладанием березы;

7 — зарастающие деревьями поля с преобладанием сосны;

8 — поля и луга;

9 — поля и луга, зарастающие деревьями ольхи и ивы.

Граница между классами 1 и 7, 2 и 6, 3 (4) и 9 (между сформировавшимися лесными сообществами и разными стадиями зарастания) проведена формально по критерию сомкнутости верхнего яруса: описания с сомкнутостью древесного яруса более 0,5 отнесены к лесным, от 0,5 до (условно) 0,2 — к несомкнутому лесу и зарастающим сельскохозяйственным землям. Класс 8 включает угодья без кустарников и деревьев. Разбитые на девять классов наземные точки в процессе классификации использованы как эталоны при обучении.

Результаты классификации оценены путем расчета полной матрицы ошибок на основе подсчета числа попаданий наземных точек в «правильный» или «неправильный» класс [9]. Общая точность классификации (по всем классам земель) составила 69 %. Для целевых лесных классов (1–5) в связи с их с хорошей представленностью в выборке наземных точек точность классификации оказалась существенно выше — 95 %.

### ГИС-обработка результатов классификации

Для генерализации выделы всех лесных классов (по породам) сначала объединены, после чего — во избежание излишней дробности — выделы площадью менее 0,5 га отбракованы. На втором этапе ГИС-обработки исходные результаты классификации лесных классов обрезаны по полученной маске лесов (рис. 7). Аналогичным образом и результаты





Материалы космической съемки: © AIRBUS DS (2015), распространяется ИТЦ «СканЭкс»

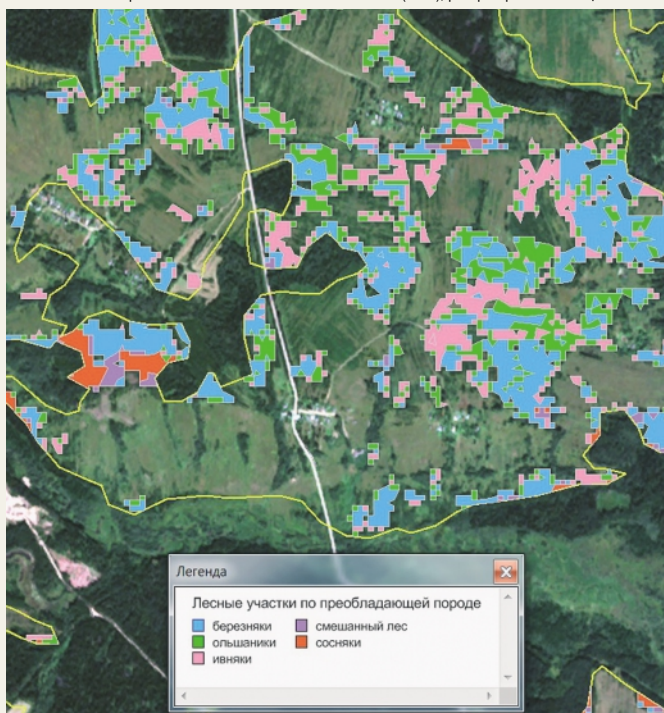


Рис. 7. Фрагмент тематической карты лесов на зарастающих сельскохозяйственных землях на фоне мозаики Spot 6/7 (желтым цветом выделены границы сельскохозяйственных земель)

контурного ручного дешифрирования лесов отредактированы путем удаления выделов площадью менее 0,5 га, что соответствует рекомендациям ФАО.

### Результаты исследования и обсуждение

Общая площадь сельскохозяйственных земель Угличского района в середине 1980-х годов составила (по результатам оцифровки топокарт) 886,6 км<sup>2</sup> (рис. 8). Распределение сельскохозяйственных угодий по группам площадей (рис. 9) показывает следующее: преобладающей площадью полей в Угличском районе является 20–40 га, что больше, чем от-

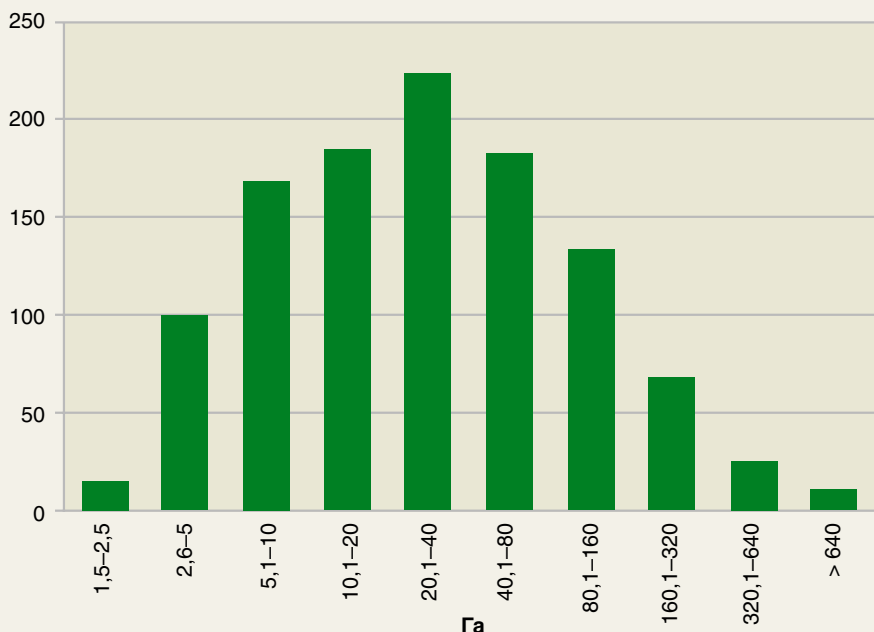


Рис. 9. Распределение сельскохозяйственных земель Угличского района Ярославской области по группам площадей в середине 1980-х годов

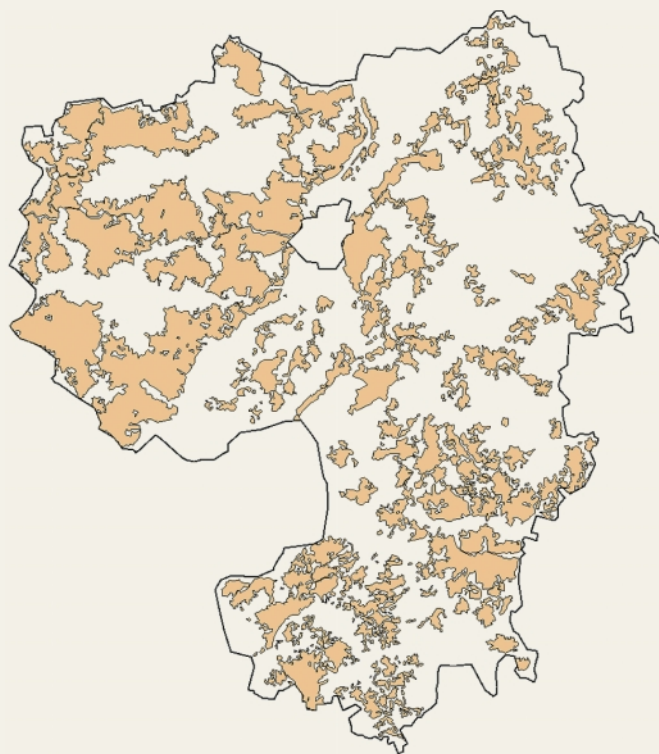


Рис. 8. Карта сельскохозяйственных земель Угличского района в середине 1980-х годов

мечали для Ярославской области в целом В. В. Осипов и Н. К. Гаврилова [13] — 11 га.

На рис. 10 показана карта лесов, возникших на неиспользуемых сельскохозяйственных землях Угличского района за 30 лет (с 1985 по 2015 год). При прекращении сельскохозяйственного использования наиболее благоприятные условия для обсеменения древесными породами возникают на мелкоконтурных (до 10 га) полях. Такие поля более характерны для юга и юго-востока района в пределах Ильинского лесничества. На более крупных полях благоприятные условия для обсеменения наблюдаются в полосе вдоль лесной опушки и по микропонижениям рельефа. Данный тип зарастания более характерен для запада района в пределах Заволжского лесничества. Ширина полос захвата от опушек у березы примерно в 1,5–2 раза больше, чем у ольхи, видимо, из-за большей дальности разноса семян, к тому же деревья березы в лесу, как правило, выше деревьев ольхи.

На рис. 11 показано распределение лесных участков по группам площадей на зарастающих полях Угличского района в 2015 году. В отличие от распределения сельскохозяйственных земель, лесные участки на зарастающих полях характеризуются исключительной мелкоконтурностью. С учетом того, что участки площадью менее 0,5 га исключены из анализа, на гистограмме абсолютно преобладают леса площадью менее 2 га.

Малочисленность лесных участков большой площади объясняется тем, что на заброшенных крупных полях прослеживается зависимость густоты древостоя от расстояния до стены леса. По нашим данным, если у стен леса густота соснового древостоя на 1 га может достигать 5 тыс. экз., то к центру поля она снижается до 2,5–3 тыс. экз. при куртинном размещении.

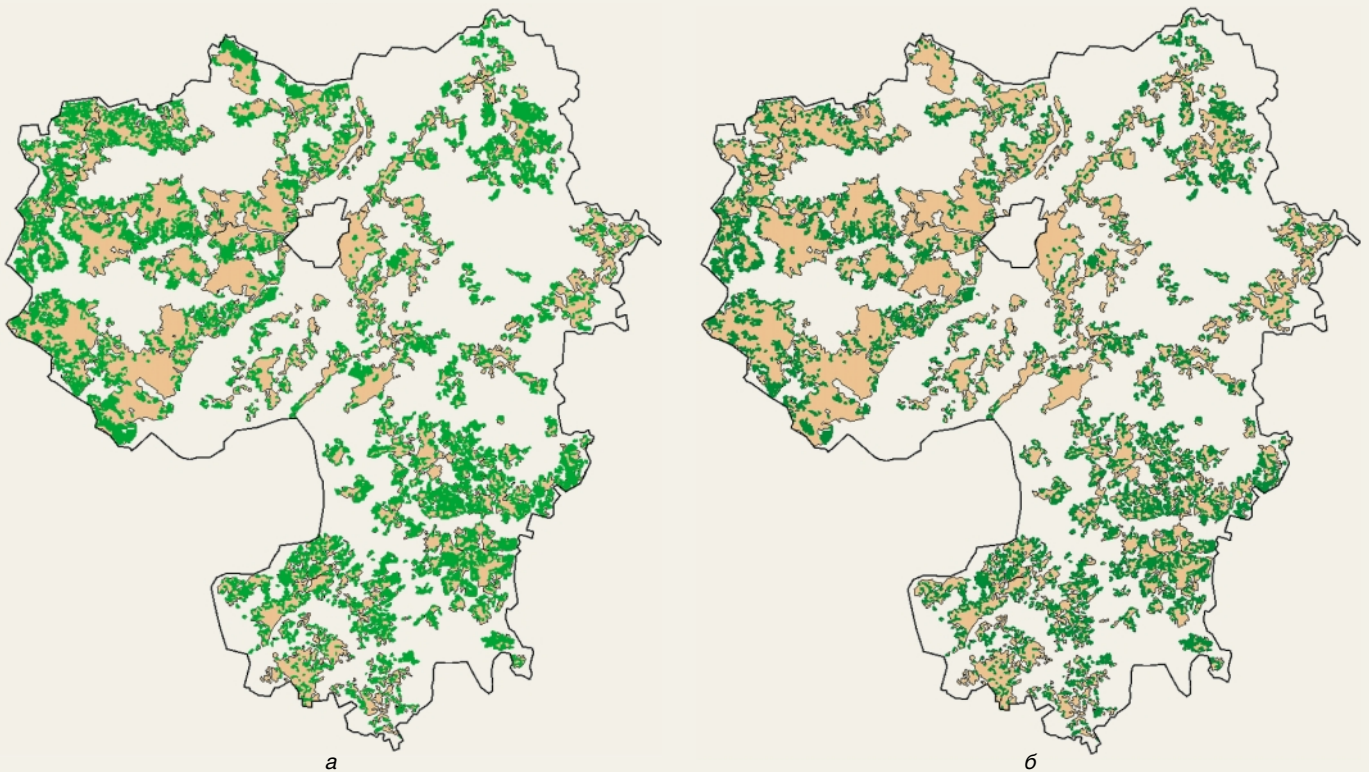


Рис. 10. Карты лесов, возникших на зарастающих сельскохозяйственных землях Угличского района Ярославской области, за период 1985–2015 годов (по результатам контурного дешифрирования):  
 а — сформировавшиеся молодняки и несомкнутые лесные насаждения (третья и четвертая стадии зарастания); б — сформировавшиеся молодняки (четвертая стадия зарастания)

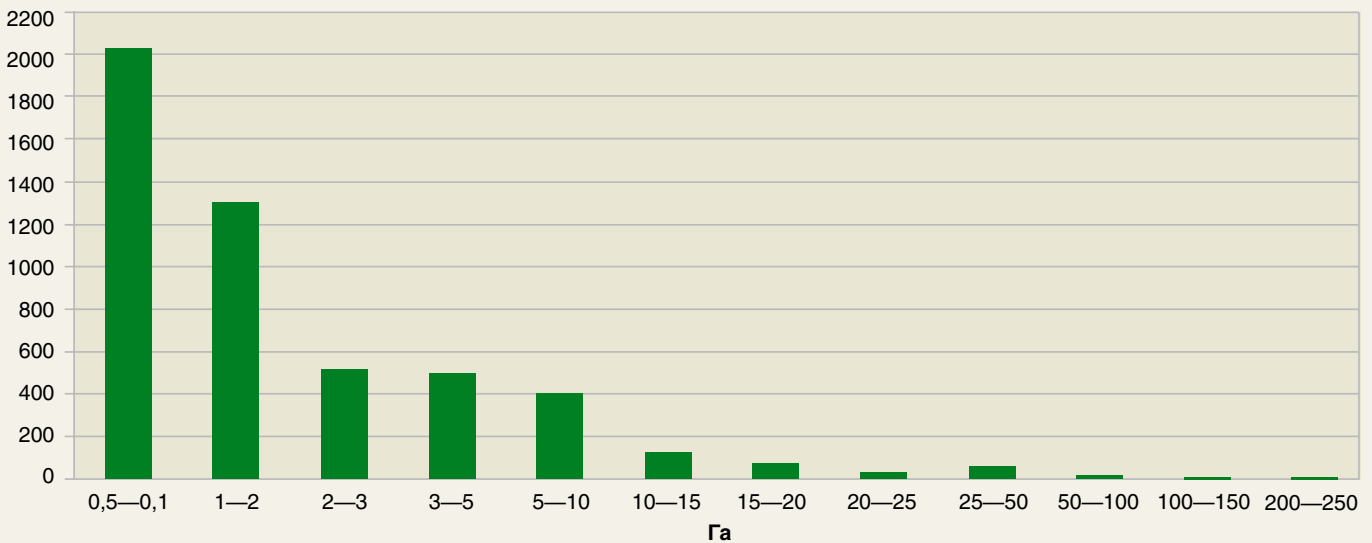


Рис. 11. Распределение лесных участков по группам площадей на зарастающих полях Угличского района Ярославской области в 2015 году

Наиболее четко мелкоконтурная мозаика лесных участков из разных пород деревьев видна на карте лесов по преобладающим породам (см. рис. 7). За 30 лет полностью заросли деревьями наиболее удаленные от дорог и поселений небольшие участки сельскохозяйственных земель, со всех сторон окруженные лесом. Зарастание более крупных угодий происходит неравномерно, с формированием комплексной мозаики из отдельных деревьев, групп и куртин из разных пород при общем доминировании березы.

Максимальное расстояние от материнского дерева до места появления всходов у лиственных пород (береза повислая, ольха серая) составляет 1000–2000, у сосны — 800 м [16]. Это объясняет тот факт, что на заброшенных более крупных сельскохозяйственных угодьях центральная часть и через

30 лет остается безлесной, хотя отдельные экземпляры и куртины из разных пород деревьев там постепенно появляются.

В табл. 2 представлены данные об оценке площади заросших лесом сельскохозяйственных земель. По результатам контурного дешифрирования космических снимков Spot 6/7 и Landsat 8, за 30 лет 15,2 % сельскохозяйственных земель Угличского района заросли лесом (четвертая стадия зарастания). Еще 11,8 % покрыты древесно-кустарниковой растительностью на финальной (третьей) стадии формирования леса. Таким образом, на средней и заключительной стадиях формирования леса находится 27 % общей площади сельскохозяйственных угодий. Эта доля является минимальной оценкой степени зарастания, поскольку лесные контуры площадью менее 0,5 га исключены из расчетов при генерализации





Табл. 2. Площадь сельскохозяйственных земель, участков, заросших древесно-кустарниковой растительностью, и сомкнутых лесных насаждений в Угличском районе Ярославской области (1985–2015 годы)

Занятость земель	Площадь, км <sup>2</sup>	Доля в площади полей и лугов в 1985 году
Поля и луга в 1985 году	886,6	100
Несомкнутые насаждения третьей стадии зарастания	106,6	11,8
Сформировавшийся лес (четвертая стадия)	133,2	15,2
В т. ч.:		
березняки	67,7	6,6
ольшаники	29,8	3,1
ивняки	29,9	2,7
сосняки	16,4	1,6
смешанный лес	10,9	1,2

результатов. Приведенные показатели не включают в себя начальные стадии зарастания земель. С учетом первой и второй стадий зарастания доля заброшенных и зарастающих лесом сельскохозяйственных земель может возрасти до 40–50 % площади сельскохозяйственных земель в 1985 году.

П. В. Потапов с соавторами [22] в целом для Ярославской области оценили степень зарастания за период 1985–2012 годов в 7–10 %, что меньше полученных нами показателей для Угличского района. Однако в работе коллег расчеты велись не по сельскохозяйственным землям, а в целом по нелесным территориям на 1985 год, куда входят, в частности, исключенные нами нелесные болота, вырубки и прогалины.

В молодняках на месте сельскохозяйственных земель повсеместно доминирует береза (6770 га), второе и третье место занимают ольха серая и ива козья (примерно по 3000 га), четвертое — сосна (1640 га). Эти же породы (в разном соотношении, но с доминированием березы) преобладают на зарастающих лесом полях и в других районах Нечерноземья [5, 7, 12, 14].

## Выводы

1) На примере Угличского района Ярославской области показаны масштабы зарастания сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью с середины 1980-х годов по настоящее время (2015 год).

2) Разработана методология оценки ситуации с зарастанием сельскохозяйственных земель лесом на региональном (районном) уровне на основе анализа картографических данных и материалов космической съемки среднего (Landsat) и высокого (Spot 6/7) разрешения, включая создание сети наземных точек и проведение двухуровневой классификации мультиспектральных данных ДЗЗ.

3) Показано, что заросшие лесом участки третьей и четвертой стадий зарастания занимают 27 % общей площади сельскохозяйственных земель Угличского района в середине 1980-х годов. В частности, сомкнутые молодняки (сформировавшийся лес) занимают к 2015 году 13320 га, или 15,2 % общей площади сельскохозяйственных угодий.

4) В молодняках на месте сельскохозяйственных земель повсеместно доминирует береза (6770 га), второе и третье место делят ольха серая и ива козья (около 3000 га каждая), четвертое занимает сосна (1640 га).

Полученные результаты позволяют прогнозировать динамику растительного покрова при изменении землепользования, оценить значение возникших на сельскохозяйственных землях лесных насаждений как для стабилизации атмосферных процессов (включая углеродный цикл), так и в качестве потенциального источника древесины и энергетического сырья.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Балашкевич Ю. А. Зарастание бывших сельскохозяйственных земель древесной растительностью // Актуальные проблемы лесного комплекса. Вып. 13. Брянск, 2006. С. 4–6.
2. Белорусцева Е. В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. №1. С. 57–64.
3. Беляев В. В., Кононов О. Д., Карaban А. А., Старицын В. В. Состояние древесной растительности на землях, выбывших из сельскохозяйственного оборота в Архангельской области // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 2. С. 5–11.
4. Гульбе А. Я. Продукционный потенциал древостоев // Лесная индустрия. 2013. № 5. С. 12–13.
5. Залесов С. В., Новоселова Н. Н., Абрамова Л. П. Формирование насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, в условиях средней подзоны тайги Пермской области // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. 2004. Вып. 25. С.30–41.
6. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Ч. 1. М., 1995. 174 с.
7. Краснобаева К. В., Мубаракшина А. Р. Смена агро-луговых сообществ лесными на деградированных землях, бывших под сельскохозяйственным использованием, в условиях Республики Татарстан / Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы. Казань, 2006. С. 227–229.
8. Курбанов Э. А., Губаев А. В., Воробьев О. Н., Лежнин С. А. Использование космических снимков ALOS для выявления площадей бывших сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом // Геоматика. 2010. № 4. С. 68–72.
9. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: Учебное пособие для вузов. М., 2004. 184 с.
10. Лесной план Ярославской области 2011 г. // Департамент лесного хозяйства Ярославской области. URL: [http://www.yarregion.ru/depts/dlh/docs/Documents/L\\_%20n\\_Yar\\_obl\\_22\\_03\\_2011.rar](http://www.yarregion.ru/depts/dlh/docs/Documents/L_%20n_Yar_obl_22_03_2011.rar) (дата обращения: 10.12.2015).
11. Маслов А. А. Космический мониторинг лесов России: современное состояние, проблемы и перспективы // Лесной бюллетень. 2006. № 1 (31). С. 12–17.
12. Москаленко С. В., Бобровский М. В. Возобновление деревьев на бывшихпахотных землях в заповеднике «Калужские засеки» // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2014. № 1(3). С. 48–54.
13. Осипов В. В., Гаврилова Н. К. Аграрное освоение и динамика лесистости Нечерноземной зоны РСФСР. М., 1983. 108 с.
14. Перепечина Ю. И., Глушенков О. И., Корсиков Р. С. Оценка лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения в Брянской области // Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5. № 1. С. 74–84.
15. Сири А. А., Маслов А. А., Валеева Н. А. и др. Картографирование торфяных болот Московской области по данным космической съемки высокого разрешения // Лесоведение. 2014. № 5. С. 65–71.
16. Удра И. Ф. Расселение древесных растений, их миграционные возможности и биогеографическая интерпретация событий четвертичного периода // Ботанический журнал. 1982. Т. 67. № 8. С. 1047–1059.
17. Уткин А. И., Гульбе Т. А., Гульбе Я. И., Ермолова Л. С. О наступлении лесной растительности на сельскохозяйственные земли в Верхнем Поволжье // Лесоведение. 2002. № 3. С. 44–52.
18. Уткин А. И., Гульбе Я. И., Гульбе Т. А. и др. Березняки и сероольшаники центра Русской равнины — экотон между экосистемами хвойных пород и сельскохозяйственными угодьями // Лесоведение. 2005. № 4. С. 49–66.
19. Шенпащенко Д. Г., Швиденко А. З., Лесив М. Ю. и др. Площадь лесов России и ее динамика на основе синтеза продуктов дистанционного зондирования // Лесоведение. 2015. № 3. С. 163–171.
20. Cihlar J., Xiao Q., Beaubien J. et al. Classification by progressive generalization: a new automated methodology for remote-sensing multi-channel data // International Journal of Remote Sensing. 1998. V. 19. P. 2685–2704.
21. Peterson U., Püssa K., Liira J. Issues related to delineation of forest boundaries on Landsat Thematic Mapper winter images // International Journal of Remote Sensing. 2004. V. 25. N 24. P. 5617–5628.
22. Potapov P. V., Turbanova S. A., Tyukavina A. et al. Eastern Europe's forest cover dynamics from 1985 to 2012 quantified from the full Landsat archive // Remote Sensing of Environment. 2015. V. 159. P. 28–43.