

УДК 528.8

## ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ СРЕДНЕРУССКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

© 2022 г. Э. А. Терехин\*

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Федерально-региональный центр  
аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, Белгород, Россия*

*\*e-mail: terekhin@bsu.edu.ru*

Поступила в редакцию 12.10.2021 г.

После доработки 04.04.2022 г.

Принята к публикации 22.04.2022 г.

В статье представлены результаты анализа растительного покрова залежных земель на территории лесостепной зоны в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области в начале XXI в., полученные с использованием материалов спутниковых съемок. На основе данных, полученных со 1115 исследованных угодий, установлено, что на более 90% залежей наблюдаются процессы лесовозобновления. Современная величина проективного покрытия древесной растительностью на залежах существенно различается в пределах региона. Она снижается от 80–90% на северо-западе до 5–10% на юго-востоке. Наиболее широко представлены залежи с присутствием древесной растительности, но доминированием травянистых участков. В большинстве случаев на оставленных аграрных угодьях формируются лесные насаждения листового породного состава. В меньшей степени представлены залежи с хвойными и смешанными лесными насаждениями. Современная величина проективного покрытия залежей древесной растительностью составляет в среднем 34.1%. Для оставленных аграрных угодий с листовыми породами этот показатель существенно меньше, чем для залежей с хвойными лесными насаждениями. На залежах с листовыми породами он равен 34%, с хвойными — 48%, со смешанными лесными насаждениями — 41%. Залежи с листовыми породами характеризуются наиболее высокой вариацией по величине покрытия древесной растительностью. Наиболее значительно территориально в лесостепи в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области представлены залежные земли, величина покрытия древесной растительностью которых составляет от 0 до 40%. При этом самая многочисленная категория — залежи с долей древесной растительности до 20%. Залежи, покрытые лесом более чем на 60%, представлены преимущественно в подзоне северной лесостепи на северо-западе региона, на территориях, граничащих с лесной зоной.

**Ключевые слова:** залежные земли, лесостепь, растительный покров, лесовозобновление, данные дистанционного зондирования, Среднерусская лесостепь

**DOI:** 10.31857/S2587556622040112

### ВВЕДЕНИЕ

Залежные земли или оставленные аграрные угодья получили значительное распространение во многих регионах европейской территории России с конца XX в. (Москаленко, Бобровский, 2014; Новикова, Полозова, 2009; Парахневич, Кирик, 2012; Русанов, 2012). В период 1990-х — середины 2000-х годов из сельскохозяйственного оборота было выведено более 28.4 млн га (Люри и др., 2010). Этот процесс, но в меньшей степени затронул и территорию Центрального Черноземья, где часть сельскохозяйственных угодий была выведена из сельскохозяйственного оборота (Китов, Цапков, 2015).

Актуальность исследования растительного покрова залежей и тенденций его динамики обу-

словлена тем, что залежные земли выступают участками, на которых возможно восстановление естественной растительности вследствие сукцессионных процессов (Смелянский, 2012; Тишков и др., 2013). Сукцессии, протекающие на залежах, отражают изменения в растительном покрове на данном этапе развития ландшафтов, в том числе обусловленные текущими климатическими изменениями. Вместе с этим исследование состояния залежей актуально и для разработки вопросов их дальнейшего использования (Черкасов и др., 2009).

Территория лесостепи в пределах Центрально-Черноземного района и примыкающей Орловской области характеризуется умеренно-континентальным климатом. Средние годовые температуры воздуха повышаются при движении с се-

вера на юг от примерно  $+6^{\circ}\text{C}$  на севере до  $+8^{\circ}\text{C}$  на юге. Среднегодовое количество осадков уменьшается от 700–750 мм на северо-западе Орловской области до 550 мм на юге Воронежской области (Дроздов, 1991). Примерно в этом же направлении происходит изменение гидротермических условий. С середины 1980-х по конец 2010-х годов отмечено смещение среднегодовой температуры на  $1^{\circ}$  широты на север по сравнению со среднепоголетними значениями (Новикова и др., 2017).

В лесостепи, характеризующейся вариацией природных условий от близких к лесной зоне на севере до почти степных условий на юге, исследование состояния растительного покрова залежных земель представляет значительный интерес. На их примере могут быть проанализированы территориальные различия в сукцессионных процессах, выступающие следствием неодинаковых природно-климатических условий в пределах одной природной зоны. С учетом высокой аграрной освоенности лесостепи, залежные земли выступают участками ландшафтов, на основе которых возможен анализ современных тенденций изменения естественного растительного покрова.

Благодаря развитию космических съемочных систем к концу второго десятилетия XXI в., в том числе для территории Среднерусской лесостепи, накоплены архивы спутниковых данных сверхвысокого пространственного разрешения (1 м/пиксель). Они предоставляют уникальную возможность для выявления оставленных аграрных угодий, оценки и картографирования ряда их характеристик. Материалы спутниковой съемки соответствующего разрешения позволяют определять ряд важных характеристик, таких как наличие или отсутствие древесной растительности, величина ее проективного покрытия, тип лесных насаждений (Курбанов и др., 2010; Медведев и др., 2019; Терехин, 2019).

Наряду с изображениями сверхвысокого пространственного разрешения к настоящему времени на всю территорию Среднерусской лесостепи накоплены архивы снимков высокого и среднего пространственного разрешения (15–30 м/пиксель) со спутников серии Landsat. Вследствие сочетания большой длительности работы сенсоров и значительного территориального охвата снимков, этот тип данных может быть использован для выявления и изучения растительного покрова залежных земель (Самсонова и др., 2015; Prishchepov et al., 2012; Yin et al., 2018). Данные Landsat могут быть использованы в том числе для выявления на залежах лесных насаждений лиственного, хвойного или смешанного породного состава (Терехин, Постернак, 2019; Daga et al., 2018).

Цель исследования состояла в оценке особенностей лесовозобновления на залежных землях Среднерусской лесостепи по состоянию на конец

второго десятилетия XXI в. В задачи исследования входило определение типов растительности, доминирующих на залежах, выявление типов лесных насаждений, формирующихся на них, определение величины проективного покрытия древесной растительностью и анализ его пространственных особенностей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория исследования, суммарной площадью 192522 км<sup>2</sup>, включала шесть областей: Белгородскую, Курскую, Воронежскую, Орловскую, Липецкую и Тамбовскую. Она полностью охватывала лесостепную зону с севера на юг, от ее границы с лесной зоной на северо-западе Орловской области до границы с зоной степи на юге Воронежской области.

Для изучения особенностей растительного покрова оставленных аграрных угодий на территории изучаемого региона на основе спутниковых данных сверхвысокого пространственного разрешения 2000–2018 гг., полученных из открытых источников, было выявлено и изучено свыше 1100 объектов. Их подборка производилась методом анализа территории на основе спутниковых изображений метрового и субметрового пространственного разрешения, представленных в web-сервисах открытого доступа, в первую очередь в сервисе Google Earth. Снимки с пространственным разрешением 1 м/пиксель на основе прямых дешифровочных признаков дают возможность достоверного выявления залежных земель среди остальных угодий. К таким признакам на изображениях относятся отсутствие следов распахивания и сельскохозяйственной обработки, а также особенности структуры угодья на снимках, которые формирует его растительный покров.

В общей сложности было выявлено и изучено 1115 угодий (табл. 1, рис. 1), представленных во всех областях региона.

После отбора участков, занятых залежами, для каждого из них на основе спутниковых данных, используемых для их выявления, с применением средств ГИС была выполнена ручная оцифровка контуров и подготовлена геоинформационная основа, включающая пространственную и атрибутивную составляющую с возможностью расширения и дополнения.

Для каждой залежи на основе разновременных спутниковых данных 2000–2018 гг. сверхвысокого пространственного разрешения фиксировался следующий набор параметров, заносимый в геоинформационную базу данных:

– состояние растительного покрова в 2018 г.: практически полное покрытие древесной растительностью, доминирование древесной расти-

тельности при наличии травянистых участков, доминирование травянистых участков при наличии древесной растительности, травянистая растительность;

– тип лесных насаждений при их наличии: лиственный, хвойный, смешанный;

– проективное покрытие древесной растительностью в 2018 г. и на все даты периода 2000–2018 гг., на которые для конкретной залежи удалось подобрать космические снимки метрового или субметрового пространственного разрешения.

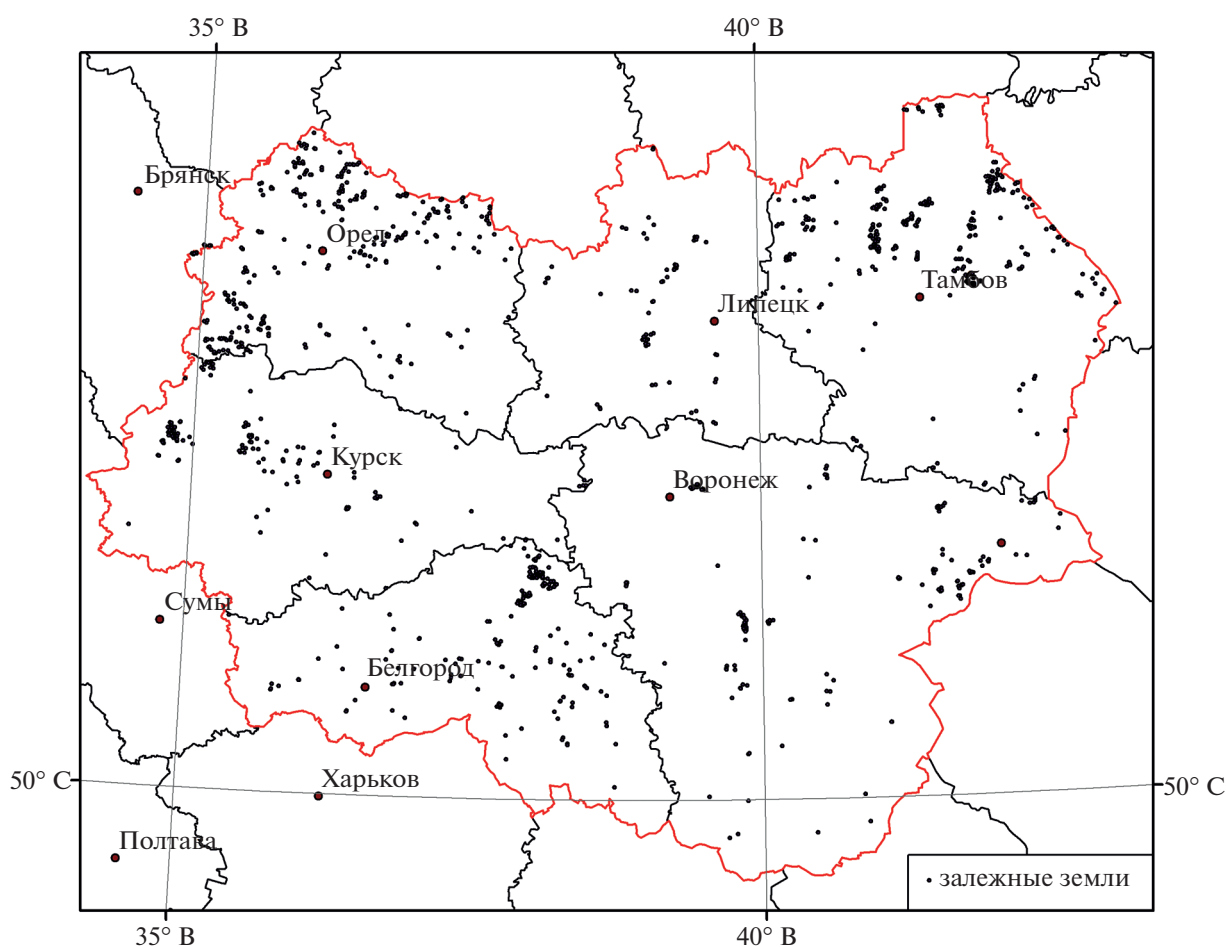
Тип лесных насаждений определялся с использованием многозональных снимков Landsat TM, ETM+, OLI методом их дешифрирования в комбинациях каналов использующих сочетания инфракрасных и красных диапазонов, включая вариант синтеза SWIR2–SWIR1–RED. Соответствующий вариант позволяет достоверно дешифрировать лиственные, хвойные и смешанные лесные насаждения.

В общей сложности по снимкам сверхвысокого пространственного разрешения было проведено 1846 измерений величины проективного

**Таблица 1.** Характеристики проанализированных залежных земель на территории лесостепи в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области

| Область      | Число объектов | Площадь, га: |         |
|--------------|----------------|--------------|---------|
|              |                | средняя      | общая   |
| Белгородская | 201            | 22.1         | 4435.1  |
| Воронежская  | 155            | 44.2         | 6849.6  |
| Курская      | 124            | 52.9         | 6560.8  |
| Липецкая     | 63             | 53.8         | 3391.8  |
| Орловская    | 279            | 47.5         | 13257.0 |
| Тамбовская   | 293            | 82.3         | 24119.7 |
| Всего        | 1115           | 52.6         | 58614.0 |

покрытия залежей древесной растительностью. Таким образом, была сформирована база гео-данных, позволяющая проанализировать особенности состояния растительного покрова оставленных аграрных угодий в начале XXI в. На ее основе была подготовлена серия геоинформационных



**Рис. 1.** Местоположение изученных залежных земель, 2018 г.

**Таблица 2.** Состояние растительного покрова изученных залежных земель лесостепной зоны в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области, 2018 г.

| Состояние растительного покрова     | Число объектов | Доля от общего числа, % | Площадь, га |
|-------------------------------------|----------------|-------------------------|-------------|
| Лесные насаждения                   | 177            | 15.9                    | 8216.8      |
| Доминирование лесных насаждений     | 289            | 25.9                    | 16939.9     |
| Доминирование травянистых сообществ | 548            | 49.1                    | 29158.9     |
| Травянистые сообщества              | 101            | 9.1                     | 4298.4      |
| Всего                               | 1115           | 100                     | 58614.0     |

картосхем, характеризующих территориальные особенности залежей в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области по доминирующему типу растительности, типу лесного насаждения, величине проективного покрытия древесной растительностью в конце второго десятилетия XXI в.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка состояния залежей на исследуемых территориях показала, что по состоянию на 2018 г. подавляющую долю (более 90%) составляли залежные земли с наличием древесной растительности (табл. 2). При этом в конце второго десятилетия XXI в. в лесостепи на территории Центрально-Черноземного района и Орловской области доминировали угодья, основная часть которых занята травянистыми участками. Залежи такого типа составляют почти половину из всех исследованных в регионе оставленных аграрных земель.

Этот же тип залежей территориально наиболее широко представлен в изучаемом регионе (рис. 2). Залежи, практически полностью покрытые лесом, или залежи с доминированием древесной растительности в наибольшей степени представлены на северо-западе и северо-востоке региона, расположенном в условиях подзоны северной лесостепи (Физико-географическое ..., 1961). Это территории северо-запада Орловской и северо-востока Тамбовской области. Залежи с доминированием древесной растительности также распространены на участках произрастания сосновых лесов, большинство которых сосредоточено на левых берегах наиболее крупных рек региона. В наибольшей степени такие территории представлены в Воронежской, Белгородской и Липецкой областях. На территории южной лесостепи, к которой относится южная часть Белгородской и Воронежской областей, отсутствуют залежи с доминированием древесной растительности (см. рис. 2).

Из полученных данных можно сделать вывод, что соотношение участков травянистой и древесной растительности на залежах лесостепи имеет выраженную внутрорегиональную особенность,

суть которой состоит в снижении в направлении с северо-запада на юго-восток доли залежей с доминированием древесной растительности и увеличении в этом же направлении доли залежных земель с доминированием травянистых сообществ. Она может быть обусловлена выраженной реакцией лесовозобновления на природно-климатические различия в пределах региона.

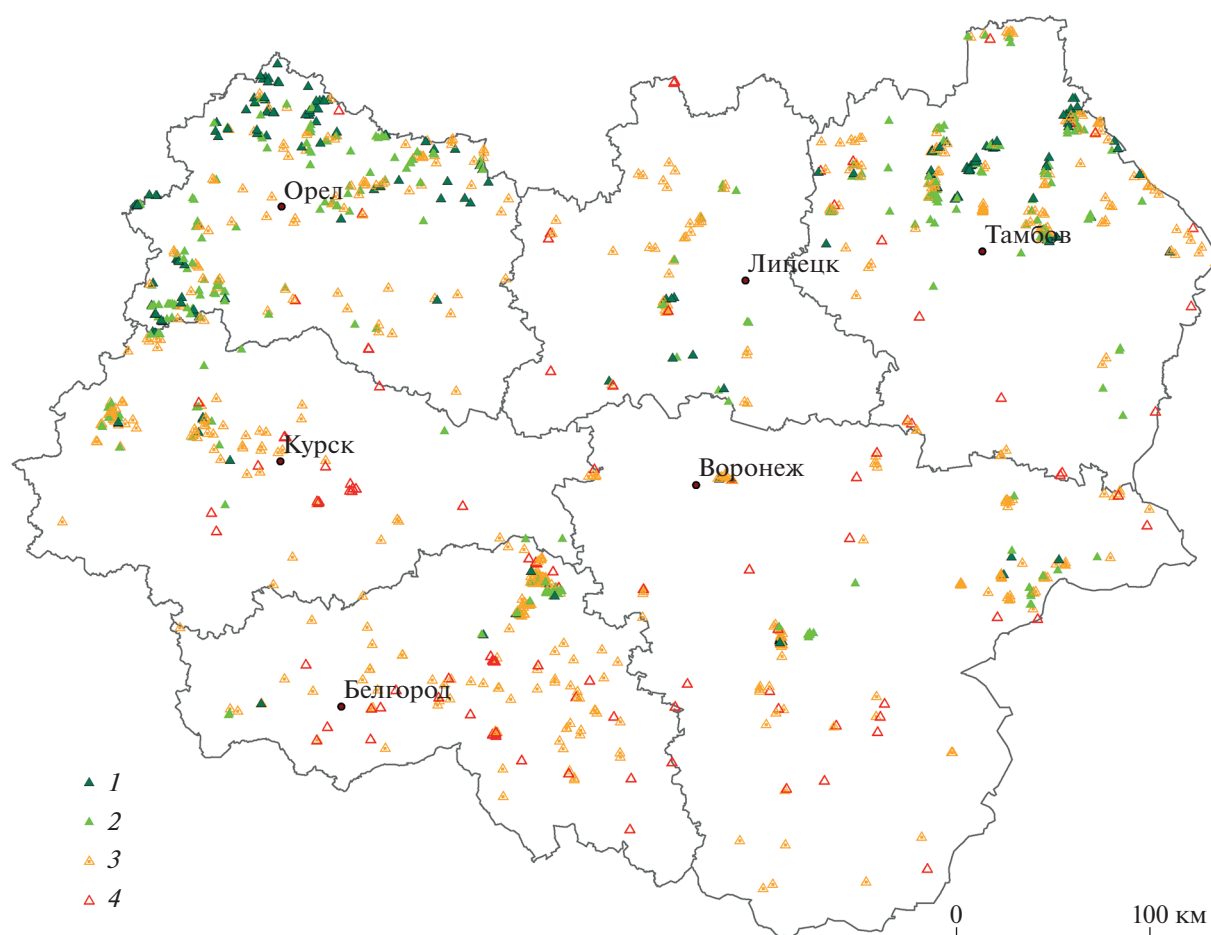
Таким образом, анализ более 1100 залежных земель лесостепной зоны изучаемого региона показал, что на подавляющем большинстве из них наблюдается тенденция формирования древесной растительности, интенсивность которой существенно различается в его пределах, особенно между северо-западной и юго-восточной частями.

Другими важными характеристиками залежных земель при анализе процессов лесовозобновления являются тип лесных насаждений, формирующихся на них (лиственные, хвойные, смешанные) и величина проективного покрытия древесной растительностью (от 0 до 1).

На основе проведенных оценок (916 изученных угодий) установлено, что по состоянию на 2018 г. на более чем половине залежных земель Среднерусской лесостепи формируются лесные насаждения лиственных пород (табл. 3). Значительно меньше представлены залежи с хвойными и смешанными лесными насаждениями.

Залежи с лиственными породами представлены на всей изученной территории лесостепи в пределах Центрально-Черноземного района и в Орловской области (рис. 3). Залежи со смешанными лесными насаждениями представлены в наибольшей степени на северо-западе и северо-востоке региона – в условиях северной лесостепи. Кроме того, они распространены вблизи хвойных лесных массивов. В этих же местах сосредоточены залежи с формирующимися лесными насаждениями из хвойных пород.

Залежи с лиственными лесными насаждениями доминируют в большинстве областей Центрально-Черноземья, за исключением Воронежской области, где вследствие широкой распространенности хвойных лесов, представлены и залежи с соответствующим типом лесных насаждений. По этой же причине залежи с хвойными



**Рис. 2.** Распределение залежей по состоянию растительного покрова на территории Центрально-Черноземного района и Орловской области, 2018–2019 гг.: 1 – лесные насаждения, 2 – доминирование древесной растительности, 3 – доминирование травянистой растительности, 4 – травянистая растительность.

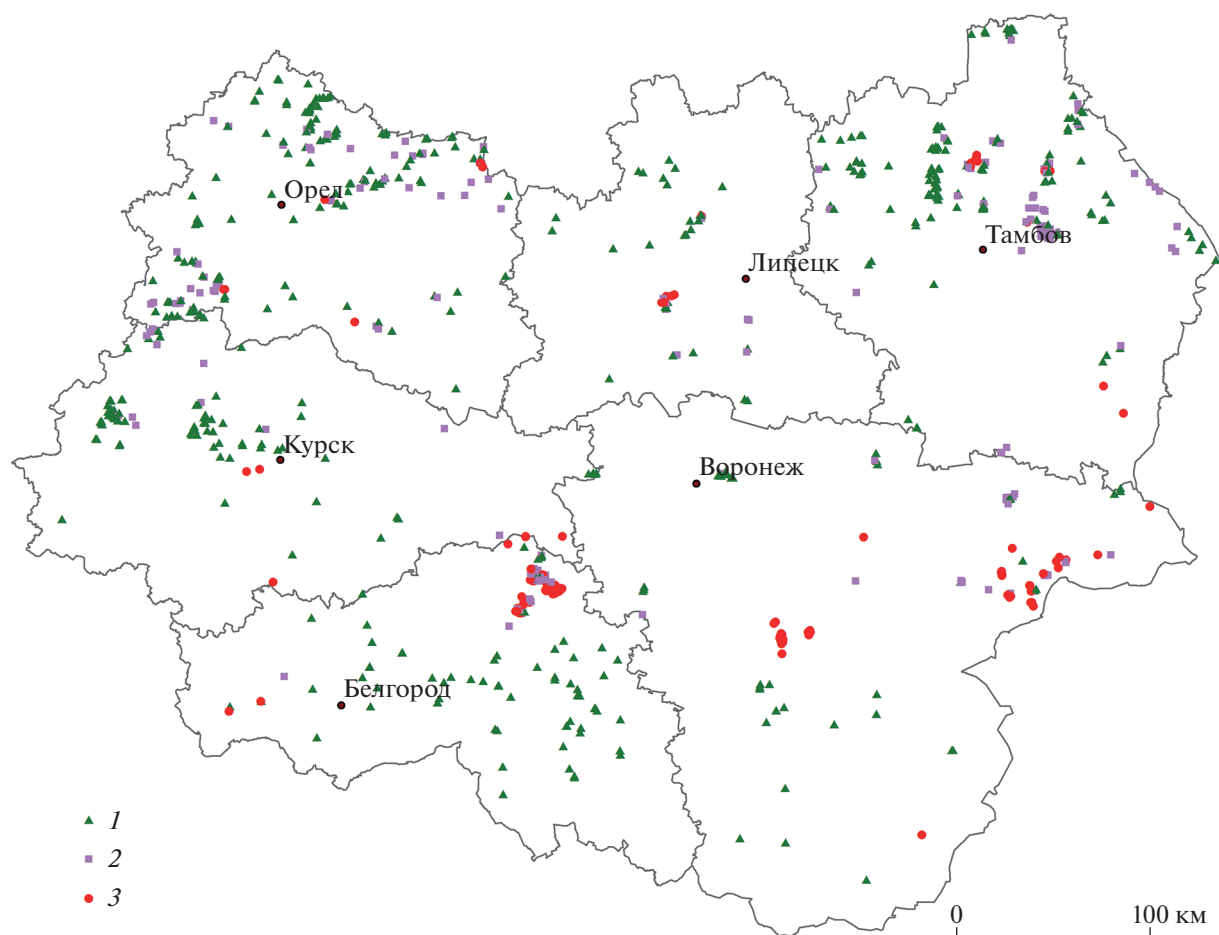
породами преобладают на северо-востоке Белгородской и в некоторых частях Воронежской области. Их распространение обусловлено наличием практически чистых хвойных насаждений, расположенных на левобережьях наиболее крупных рек: Оскол (Белгородская область) и Дон (Воронежская область).

Сопоставляя распределение залежных земель лесостепи по состоянию растительного покрова

(2018 г.) и типам лесных насаждений, можно сделать вывод, что для лесостепи на территории Центрально-Черноземного района и в Орловской области в наибольшей степени характерны оставленные аграрные угодья с доминированием участков травянистой растительности при наличии древесной растительности, состоящей из лиственных пород (рис. 4).

**Таблица 3.** Характеристики проанализированных залежных земель лесостепи в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области с различными типами лесных насаждений, формирующихся на них

| Тип залежей                        | Количество | Доля от общего числа, % | Площадь, га: |         | Число измерений доли древесной растительности |
|------------------------------------|------------|-------------------------|--------------|---------|-----------------------------------------------|
|                                    |            |                         | суммарная    | средняя |                                               |
| С лиственными породами             | 519        | 56.7                    | 27 308.8     | 52.6    | 1075                                          |
| Со смешанными лесными насаждениями | 195        | 21.3                    | 12 124.0     | 62.2    | 406                                           |
| С хвойными породами                | 129        | 14.1                    | 4930.8       | 38.2    | 365                                           |
| Травянистые без древесных пород    | 73         | 8.0                     | 3232.7       | 44.3    | —                                             |



**Рис. 3.** Распределение залежных земель на территории Центрально-Черноземного района и Орловской области по типам лесных насаждений, формирующихся на них (по состоянию на 2018 г.). 1 – лиственные, 2 – смешанные, 3 – хвойные.

Анализ величины проективного покрытия залежных земель древесной растительностью (1846 измерений, см. табл. 3) позволил установить ряд особенностей, характеризующих процесс формирования древесной растительности на оставленных аграрных угодьях. Учитывая, что он может протекать по-разному в зависимости от типов формирующихся лесных насаждений, оценка современного покрытия залежей древесной растительностью была проведена для залежных земель в целом и для оставленных угодий с лиственными, смешанными и хвойными лесными насаждениями.

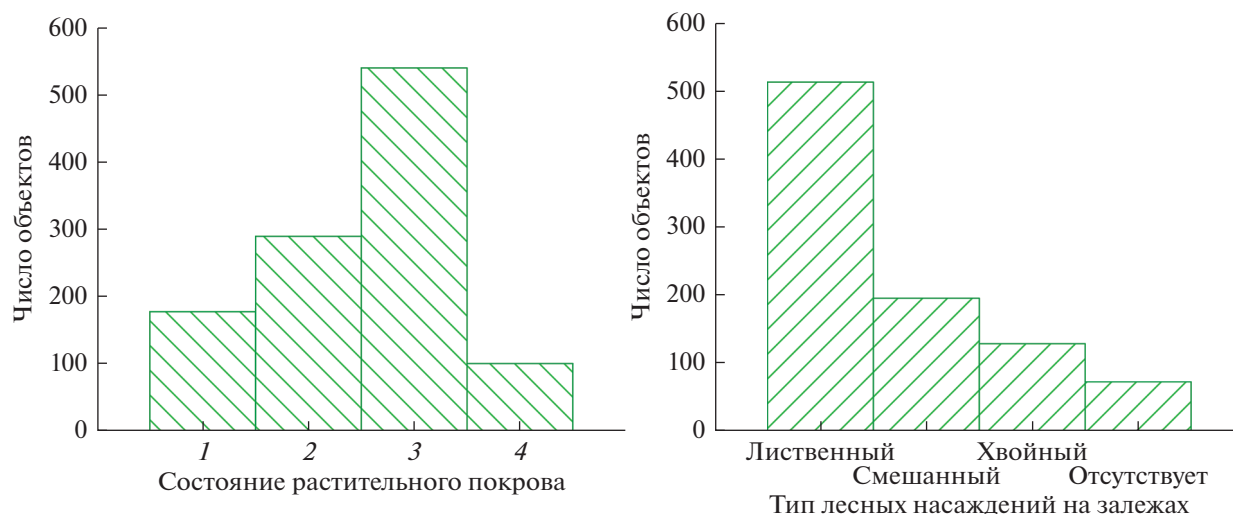
На основе полученных данных установлено, что в конце второго десятилетия XXI в. средняя величина покрытия залежей древесной растительностью в лесостепи Центрально-Черноземного района и Орловской области составляла 34.1%.

Особенностью региона является наличие различных категорий залежей по величине проективного покрытия древесной растительностью

(табл. 4) и, соответственно, достаточно широкая вариация по этому показателю (коэффициент вариации – 88.3%). Она может выступать следствием различной скорости лесовозобновления на залежах в пределах лесостепи, условия которой существенно меняются на территории региона при движении с северо-запада на юго-восток.

Наглядно проявляется высокая доля залежных земель с относительно небольшой величиной проективного покрытия древесной растительностью (0–20%). По мере увеличения этого показателя уменьшается число залежей в соответствующих градациях (см. табл. 4).

Оценка величины проективного покрытия залежей древесной растительностью, выполненная для различных типов лесных насаждений по состоянию на 2018 г., показала (табл. 5), что наибольшая (48%) величина покрытия залежей древесной растительностью характерна для оставленных аграрных угодий, на которых произрастают хвойные породы – преимущественно сосна. Величина покрытия древесной растительностью залежей с



**Рис. 4.** Распределение залежных земель лесостепи в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области по состоянию растительного покрова и типам лесных насаждений, 2018: 1 – лесные насаждения, 2 – доминирование лесных насаждений, 3 – доминирование травянистой растительности, 4 – травянистая растительность.

лиственными породами значительно ниже – порядка 34%. Для залежей со смешанными лесными насаждениями она составляет 41%. Оценка в данном случае проведена только для залежей с наличием древесной растительности.

Более высокая величина покрытия древесной растительностью для залежей с хвойными породами может быть обусловлена большей скоростью формирования лесных насаждений на этом типе оставленных аграрных земель. Сосна обыкновенная, произрастающая на них, характеризуется неприхотливостью и достаточно быстро распространяется на оставленных аграрных землях, расположенных вблизи хвойных лесных массивов (Камышев, Хмелев, 1976).

Все типы залежных земель лесостепи в исследуемом регионе характеризуются очень высокой вариацией (см. табл. 5) по величине проективного покрытия древесной растительностью. Высокая вариация этого показателя выступает признаком значительных различий в скорости лесовозобновления на залежах, с учетом того, что большинство анализируемых угодий примерно в

одно и то же время были выведены из сельскохозяйственного оборота. Для залежей с лиственными породами этот показатель заметно выше, чем для залежей с хвойными породами, что является индикатором более высокой современной однородности растительного покрова оставленных аграрных угодий с хвойными породами по доле древесной растительности, присутствующей на них.

Пространственный анализ величины проективного покрытия, проведенный для наиболее широко представленных в регионе залежей с лиственными породами (рис. 5), позволил установить территориальное преобладание в Среднерусской лесостепи залежей с его относительно невысокой величиной (0–20%). Для залежных земель с хвойными и смешанными лесными насаждениями таких пространственных оценок не проводилось, вследствие локального распространения этих типов угодий в регионе.

На полученной картосхеме видно наличие пространственных трендов в величине проективного покрытия залежных земель древесной растительностью в пределах лесостепи Центрально-

**Таблица 4.** Распределение залежей лесостепи в Центрально-Черноземном районе и в Орловской области по величине проективного покрытия древесной растительностью, 2018 г.

| Величина покрытия древесной растительностью | Число залежей | Доля от общего числа, % | Площадь, га |
|---------------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------|
| 0.0–0.2                                     | 264           | 44.4                    | 13961.8     |
| 0.2–0.4                                     | 115           | 19.4                    | 6865.1      |
| 0.4–0.6                                     | 78            | 13.2                    | 4651.4      |
| 0.6–0.8                                     | 71            | 12.0                    | 4243.3      |
| 0.8–1.0                                     | 65            | 11.0                    | 3273.0      |

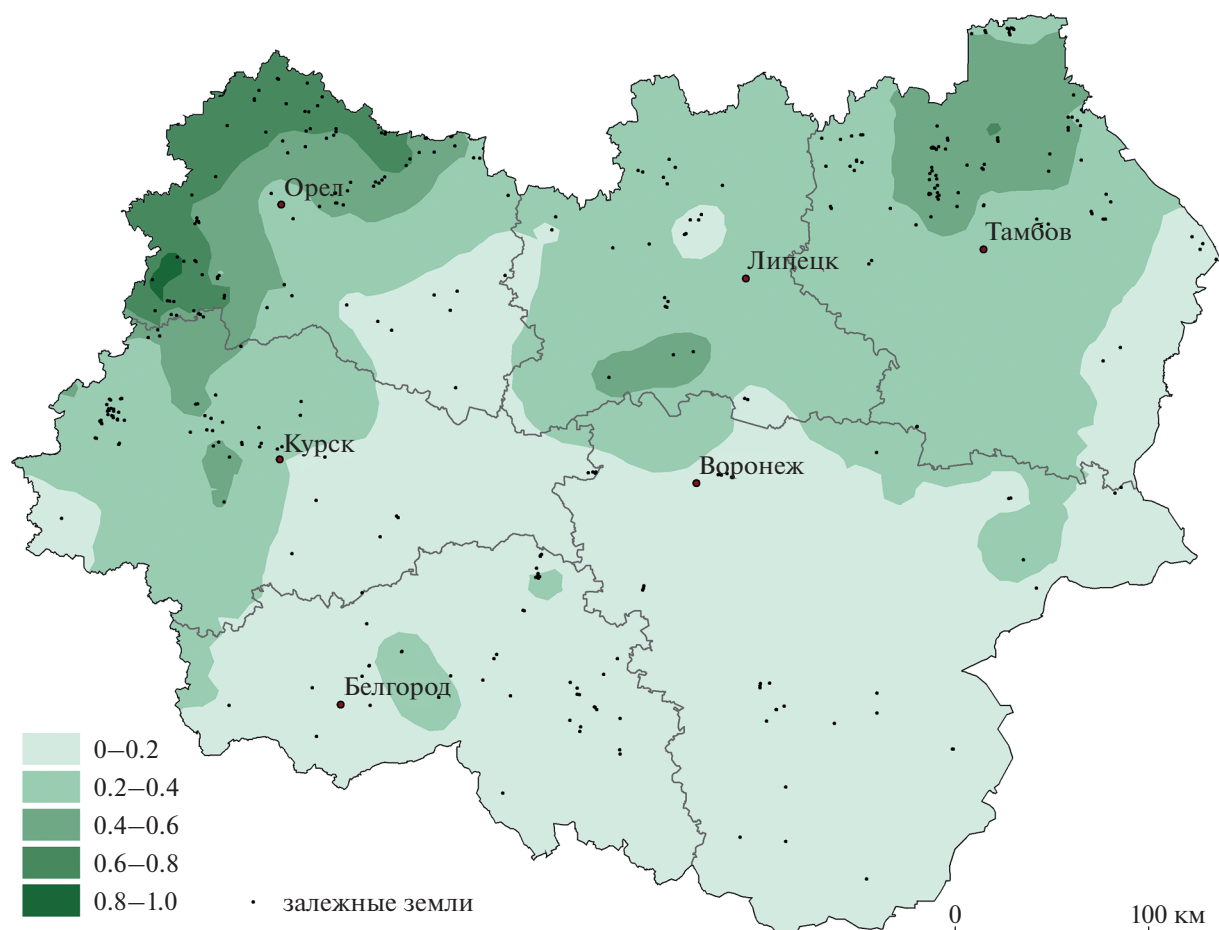
**Таблица 5.** Характеристики залежей лесостепи Центрально-Черноземного района и Орловской области с различными типами лесных насаждений по величине проективного покрытия древесной растительностью, 2018 г.

| Тип лесных насаждений | Число измерений | Среднее | Стандартное отклонение | Коэффициент вариации, % |
|-----------------------|-----------------|---------|------------------------|-------------------------|
| Лиственный            | 334             | 0.34    | 0.29                   | 85.8                    |
| Смешанный             | 127             | 0.41    | 0.28                   | 69.4                    |
| Хвойный               | 74              | 0.48    | 0.29                   | 61.2                    |

Черноземного района и Орловской области. Они связаны с последовательным снижением этого показателя от северо-западной и северо-восточной окраин региона (северная лесостепь) к южной части, занятой степной зоной. Картограмма построена с использованием возможностей ГИС. Расчеты выполнены методом интерполяции с применением радиальных базисных функций (RBF).

Залежные земли с очень высокой долей древесной растительности (более 60%) распространены на сравнительно небольшой территории Среднерусской лесостепи – на северо-западе и северо-востоке, где лесостепь примыкает к лес-

ной зоне. Из полученной картограммы можно сделать вывод о значительных внутризональных различиях современного растительного покрова залежных земель в пределах лесостепной зоны на территории Центрально-Черноземного района и Орловской области. Различия обусловлены контрастностью природно-климатических условий в пределах исследуемого региона. Залежные земли на крайнем северо-западе (распространенные в условиях северной лесостепи) и в значительной степени на северо-востоке региона принципиально отличаются от залежей юга и юго-востока (сформировавшиеся в условиях южной лесосте-

**Рис. 5.** Изменение в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области величины проективного покрытия залежных земель древесной растительностью (по состоянию на 2018 г.).

пи, на границе с зоной степи). Различия связаны с особенностями распространения на залежах древесной растительности и неодинаковой скоростью лесовозобновления.

## ВЫВОДЫ

В начале XXI в. на многих залежных землях лесостепи в пределах Центрально-Черноземного района и Орловской области наблюдаются процессы формирования древесной растительности. На угодьях, выведенных из сельскохозяйственного оборота, в лесостепи формируются преимущественно лесные насаждения, состоящие из лиственных пород. Залежи с хвойными породами распространены в районах произрастания хвойных лесов. В этих же районах представлены залежи со смешанными лесными насаждениями, которые также распространены на северо-западе и северо-востоке региона, в подзоне северной лесостепи.

Величина проективного покрытия залежей древесной растительностью существенно различается в пределах региона. Она варьирует от 80–90% на северо-западе до 5–10% на юго-востоке региона. Количественно наиболее значительно представлены залежи с величиной проективного покрытия древесной растительностью до 20%. Территориально они преобладают в Белгородской и Воронежской областях, восточной части Курской и юго-восточной части Орловской областей.

Определено, что величина покрытия древесной растительностью различается для залежей с лиственными, хвойными и смешанными лесными насаждениями. Ее средняя современная величина для залежей с лиственными породами составляет 34%, залежей с хвойными – 48%, со смешанными лесными насаждениями – 41%. В конце второго десятилетия XXI в. для региона наиболее типичны залежи с доминированием травянистой растительности, но с присутствием древесной растительности, представленной лиственными породами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дроздов К.А. Элементарные ландшафты среднерусской лесостепи. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. 176 с.
- Камышев Н.С., Хмелев К.С. Растительный покров Воронежской области и его охрана. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1976. 181 с.
- Китов М.В., Цапков А.Н. Изменения площадей залежных земель на Европейской территории России за период 1990–2013 гг. // Научные ведомости Белгород. гос. ун-та. Серия: Естественные науки. 2015. № 15 (212). С. 163–171.
- Курбанов Э.А., Воробьев О.Н., Губаев А.В., Лежнин С.А. Использование космических снимков ALOS для выявления площадей бывших сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом // Геоматика. 2010. № 4. С. 68–72.
- Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
- Медведев А.А., Тельнова Н.О., Кудилов А.В. Дистанционный высокдетальный мониторинг динамики зарастания заброшенных сельскохозяйственных земель лесной растительностью // Вопросы лесной науки. 2019. Т. 2. № 3. С. 1–12.
- Москаленко С.В., Бобровский М.В. Возобновление деревьев на бывших пахотных землях в заповеднике “Калужские засеки” // Бюл. Брянск. отд. Русского ботанического общ-ва. 2014. № 1. С. 48–54.
- Новикова Е.П., Григорьев Г.Н., Вагури И.Ю., Чумейкина А.С. Вариации гидротермического режима в Черноземье за последние 30 лет на фоне глобального изменения климата // Научные ведомости Белгород. гос. ун-та. Серия: Естественные науки. 2017. Т. 39. № 11 (260). С. 105–113.
- Новикова Л.А., Полозова М.О. Восстановление растительности на залежах “Островцовской лесостепи” // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2009. № 6 (112). С. 286–290.
- Парахневич Т.М., Кирик А.И. Изменение структуры растительных сообществ в ходе сукцессии на залежи // Вестн. Воронеж. гос. аграр. ун-та. 2012. № 4 (35). С. 68–73.
- Русанов А.М. Естественное восстановление агроландшафтов степной и лесостепной зон Оренбургской области // Степной бюл. 2012. № 36. С. 8–12.
- Самсонова В.П., Кондрашкина М.И., Кротов Д.Г., Чичева О.А. Распознавание зарастающих земель на снимках landsat8 // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 1. С. 53–57.
- Смелянский И.Э. Сколько в степном регионе России залежей? // Степной бюл. 2012. № 36. С. 4–7.
- Терехин Э.А. Сукцессионные процессы на залежах юга Среднерусской возвышенности по данным спутниковых съемок // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли. 2019. Т. 16. № 6. С. 180–193.
- Терехин Э.А., Постернак Т.С. Процессы лесовозобновления на залежных землях юга Западной Сибири и их анализ с применением данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 4. С. 161–172.
- Тишков А.А., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г., Титова С.В. Роль лесостепных ландшафтов России в создании первичной продукции и в депонировании углерода // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: историко-культурные и природные территории. Тула: Федеральное гос. бюджетное учреждение культуры “Государственный военно-исторический и природный музей-заповедник “Куликово поле”, 2013. С. 9–17.
- Физико-географическое районирование центральных черноземных областей. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1961. 263 с.

- Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., Кузнецов А.В. Эволюция залежных земель и перспективы их использования в Центральном Черноземье // Земледелие. 2009. № 7. С. 9–11.
- Dara A., Baumann M., Kuemmerle T., Pflugmacher D., Rabe A., Griffiths P. Mapping the timing of cropland abandonment and recultivation in northern Kazakhstan using annual Landsat time series // *Rem. Sens. Environ.* 2018. Vol. 213. P. 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.05.005>
- Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Dubinin M., Alcantara C. The effect of Landsat ETM+/ETM+ image acquisition dates on the detection of agricultural land abandonment in Eastern Europe // *Rem. Sens. Environ.* 2012. Vol. 126. P. 195–209. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.017>
- Yin H., Prishchepov A.V., Kuemmerle T., Bleyhl B., Buchner J., Radeloff V.C. Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series // *Rem. Sens. Environ.* 2018. Vol. 210. P. 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.050>

## Reforestation on Abandoned Agricultural Lands in the Central Russian Forest–Steppe

E. A. Terekhin\*

Belgorod State University, Belgorod, Russia

\*e-mail: [terekhin@bsu.edu.ru](mailto:terekhin@bsu.edu.ru)

The article deals with vegetation cover of abandoned agricultural lands in forest-steppe natural zone within the Central Chernozem Region of Russia and Oryol oblast. The study was carried out using remote sensing data. Using data are gathered from 1115 areas, it was found that reforestation processes take place on more than 90% of abandoned lands. The current forest cover on abandoned agricultural lands differs significantly within the region, from 80–90% in the northwest to 5–10% in the southeast. On abandoned lands, grassy vegetation dominates, and the forests are the most widespread in the region. Deciduous forests occur on abandoned arable lands on the whole part of the Central Chernozem Region. Areas are covered by coniferous and mixed forests are less widespread. The mean current forest cover of abandoned lands reaches 34.1%. Forest cover of abandoned lands with deciduous species is significantly lower than it is observed on the abandoned agricultural lands where coniferous species grow. The average forest cover of abandoned agricultural lands with deciduous tree species are 34%, abandoned lands with mixed forests is 41%, areas with coniferous tree species is 48%. The highest variation in forest cover was found on abandoned lands with deciduous species. The most numerous categories of abandoned agricultural lands are areas where forest cover is about 20%. Abandoned agricultural lands with 0–40% forest cover are the most widespread in the forest-steppe zone within the Central Chernozem Region and Oryol oblast. Abandoned agricultural lands where forest covers more than 60% are placed mainly in the subzone of the northern forest-steppe, in the north-west areas of the region. These territories are bordering the forest zone.

**Keywords:** abandoned agricultural lands, forest-steppe, vegetation, reforestation, remote sensing data, Central Russian forest-steppe

### REFERENCES

- Cherkasov G.N., Masyutenko N.P., Kuznetsov A.V. Evolution of fallow lands and perspectives of it use in Central chernozem region. *Zemledelie*, 2009, no. 7, pp. 9–11. (In Russ.).
- Dara A., Baumann M., Kuemmerle T., Pflugmacher D., Rabe A., Griffiths P. Mapping the timing of cropland abandonment and recultivation in northern Kazakhstan using annual Landsat time series. *Remote Sens. Environ.*, 2018, vol. 213, pp. 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.05.005>
- Drozdov K.A. *Elementarnye landshafty srednerusskoi leso-stepi* [Elementary Landscapes of the Central Russian Forest-Steppe]. Voronezh: VGU, 1991. 176 p.
- Fiziko-geograficheskoe raionirovanie tsentral'nykh chernozemnykh oblastei [Physical Geographical Zoning of the Central Chernozem Regions]. Voronezh: Voronezh. Univ., 1961. 263 p.
- Kamyshev N.S., Khmelev K.S. *Rastitel'nyi pokrov Voronezhskoi oblasti i ego okhrana* [Vegetation Cover of the Voronezh Region and Its Protection]. Voronezh: VGU, 1976. 181 p.
- Kitov M.V., Tsapkov A.N. Assessment of the area of fallow land in the Belgorod region and other regions of European Russia for the period 1990–2013 years. *Nauchn. Vedomosti Belgorod. Gos. Univ. Ser.: Estestvennye Nauki*, 2015, no. 15 (212), pp. 163–171. (In Russ.).
- Kurbanov E.A., Vorob'ev O.N., Gubaev A.V., Lezhnin S.A. Use of ALOS satellite images to reveal former farmland areas being forested. *Geomatika*, 2010, no. 4, pp. 68–72. (In Russ.).
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. *Dinamika sel'skokhoziaistvennykh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv* [Dynamics of Agricultural Lands of Russia in XX Century and Postagrogenic Restoration of Vegetation and Soils]. Moscow: GEOS Publ., 2010. 416 p.
- Medvedev A.A., Tel'nova N.O., Kudikov A.V. Highly detailed remote sensing monitoring of tree overgrowth on

- abandoned agricultural lands. *Vopr. Lesnoi Nauki*, 2019, vol. 2, no. 3, pp. 1–12. (In Russ.).
- Moskalenko S.V., Bobrovskii M.V. Renewal of trees on the abandoned arable lands in the State Nature Reserve “Kaluzhskie Zaseki”. *Byull. Bryansk. Otd. Russ. Bot. O-va*, 2014, no. 1, pp. 48–54. (In Russ.).
- Novikova E.P., Grigor’ev G.N., Vagurin I.Yu., Chumeykina A.S. Variations of the hydrothermal regime in the Chernozemiye over the last 30 years on the background of global climate change. *Nauchn. Vedomosti Belgorod. Gos. Univ. Ser.: Estestvennye Nauki*, 2017, vol. 39, no. 11 (260), pp. 105–113. (In Russ.).
- Novikova L.A., Polozova M.O. Restoration of vegetation on the fallows of the “Ostrovtsovskaya lesostep”. *Vestn. Orenburg. Gos. Univ.*, 2009, no. 6 (112), pp. 286–290. (In Russ.).
- Parakhnevich T.M., Kirik A.I. Changes in the structure of plant communities during succession on the fallow. *Vestn. Voronezh. Gos. Agrar. Univ.*, 2012, no. 4 (35), pp. 68–73. (In Russ.).
- Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Dubinin M., Alcantara C. The effect of Landsat ETM/ETM+ image acquisition dates on the detection of agricultural land abandonment in Eastern Europe. *Remote Sens. Environ.*, 2012, vol. 126, pp. 195–209.  
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.017>
- Rusanov A.M. Natural restoration of agricultural landscapes of the steppe and forest-steppe zones of the Orenburg region. *Stepnoi Byull.*, 2012, no. 36, pp. 8–12. (In Russ.).
- Samsonova V.P., Kondrashkina M.I., Krotov D.G., Chichieva O.A. Diagnostics of the bushing territories using images Landsat-8. *Probl. Agrokhim. Ekol.*, 2015, no. 1, pp. 53–57. (In Russ.).
- Smelyanskii I.E. How many fallows are there in the steppe region of Russia? *Stepnoi Byull.*, 2012, no. 36, pp. 4–7. (In Russ.).
- Terekhin E.A. Satellite-based estimation of successional processes on abandoned farmland of the South of the Central Russian Upland. *Sovrem. Probl. Distantionnogo Zondirovaniya Zemli*, 2019, vol. 16, no. 6, pp. 180–193. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-6-180-193>
- Terekhin E.A., Posternak T.S. Reforestation on abandoned arable lands in the south of Western Siberia and its analysis using remote sensing data. *Sovrem. Probl. Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*, 2019, vol. 16, no. 4, pp. 161–172. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-4-161-172>
- Tishkov A.A., Belonovskaya E.A., Tsarevskaya N.G., Titova S.V. The role of forest-steppe landscapes in formation of primary production and deponation of carbon. In *Problemy izucheniya i vosstanovleniya landshaftov lesostepnoi zony: istoriko-kul’turnye i prirodnye territorii* [Problems of Studying and Restoring Landscapes of the Forest-Steppe Zone: Historical, Cultural and Natural Territories]. Tula: Kulikovo Pole, 2013, pp. 9–17. (In Russ.).
- Yin H., Prishchepov A.V., Kuemmerle T., Bleyhl B., Buchner J., Radeloff V.C. Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series. *Remote Sens. Environ.*, 2018, vol. 210, pp. 12–24.  
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.050>