



На правах рукописи

Белоусова Анна Павловна

Пространственно-временные особенности современной динамики лесистости на
землях сельскохозяйственных угодий (на примере равнинных ландшафтов
Пермского Прикамья)

25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия
ландшафтов

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
географических наук

Пермь – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

- Научный руководитель:** **Назаров Николай Николаевич,**
доктор географических наук,
профессор (г. Пермь)
- Официальные оппоненты:** **Ермолаев Олег Петрович,**
доктор географических наук, профессор;
профессор кафедры ландшафтной экологии
Института экологии и природопользования
Казанского (Приволжского) федерального
университета (г. Казань)
- Матушкин Алексей Сергеевич,**
кандидат географических наук, доцент;
доцент кафедры географии и
методики обучения географии Вятского
государственного университета (г. Киров)
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет» (г. Ижевск)

Защита состоится 28 апреля 2022 г. в 15.30 на заседании диссертационного совета Д 212.189.10 при ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: physgeogrkaф@yandex.ru, факс (342)239-63-54.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале научной библиотеки Пермского государственного национального исследовательского университета.

Электронная версия текста диссертации и автореферата доступна на сайте ПГНИУ по адресу: <http://www.psu.ru> и официальном сайте ВАК РФ.

Ваш отзыв об автореферате просим направить по адресу: 614990, г. Пермь, ГСП, ул. Букирева, 15, ПГНИУ, диссертационный совет Д 212.189.10. Ученому секретарю Балиной Т.А., e-mail: seg@psu.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук, доцент



Балина Татьяна
Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современное развитие и функционирование природно-антропогенных геосистем в равнинных ландшафтах Пермского Прикамья характеризуется резкими изменениями, состоявшимися в их структуре в последнее время. Значительные площади возделываемых в течение многих десятилетий, а иногда и столетий земель стали переходить в лесные геосистемы. За три десятка последних лет, в которые наблюдалось активное выпадение пашни из сельскохозяйственного оборота, произошло формирование новых лесных урочищ. По причине различий в местных природных условиях и продолжительности восстановительных сукцессий значительные по площади территории бывших сельскохозяйственных угодий сегодня представляют собой разновозрастные молодые леса, находящиеся на разных стадиях своего развития.

Изучение особенностей развития восстановительных сукцессий на территории сельскохозяйственных угодий кроме решения проблем планирования и землеустройства территорий имеет важное значение в разработке общей теории динамики и развития геосистем. Возвращение антропогенных комплексов в состав природных при всей неопределенности их нового статуса в структуре ландшафтов является демонстрацией включения механизма фитогенной устойчивости геосистем, направленной на возвращение в исходное состояние – возвращение к инвариантным свойствам.

До настоящего времени слабо изученным остается вопрос о различиях в потенциале инвариантности ландшафтов, относящихся к разным природным зонам и провинциям. Определенным вкладом в разработку данной проблемы может стать изучение скорости и масштабов развития восстановительных сукцессий (залесения) на землях бывших сельскохозяйственных угодий, расположенных в ландшафтах разных типов. Принимая во внимание отсутствие до настоящего времени исследований природных и антропогенных факторов современной динамики геосистем в Пермском Прикамье, вопрос о понимании общей направленности развития лесных геосистем в ландшафтах региона остается открытым и требует изучения.

Цель исследования – выявить пространственно-временные особенности современной динамики лесистости на территории сельскохозяйственных угодий в равнинных ландшафтах Пермского Прикамья.

Задачи исследования:

- проанализировать методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяющие получить данные об изменениях растительного покрова в пространстве и времени;
- используя архивы спутниковых снимков, определить (рассчитать) лесистость равнинных ландшафтов, природных зон и подзон на начало 90-х годов прошлого столетия – начало периода массового сокращения земель, используемых в сельском хозяйстве;
- разработать и применить методику изучения динамики лесистости на землях сельскохозяйственных угодий на основе многолетнего ряда спутниковых снимков;
- проанализировать особенности изменения лесистости сельскохозяйственных угодий в границах почвенных групп;
- оценить современную лесистость равнинных ландшафтов в динамике шагом в 10 лет для определения скорости и интенсивности залесения.

Объектом исследования являются сельскохозяйственные угодья равнинных ландшафтов Пермского Прикамья.

Предмет исследования – пространственно-временные особенности динамики лесистости на территории сельскохозяйственных угодий в равнинных ландшафтах Пермского Прикамья.

Научная новизна работы:

- предложен методологический подход изучения динамики лесистости на территории сельскохозяйственных угодий с применением данных ДЗЗ;
- впервые определена лесистость равнинных ландшафтов Пермского Прикамья и интенсивность залесения на основе анализа многолетних рядов спутниковых снимков среднего пространственного разрешения;
- оценена лесистость равнинных ландшафтов Пермского Прикамья на 1990-е и 2020-е гг.;
- проведен анализ динамики формирования новых лесных геосистем;
- выявлены особенности залесения территории сельскохозяйственных угодий в границах почвенных групп равнинных ландшафтов Пермского Прикамья.

Теоретическая значимость заключается в выявлении пространственно-временных особенностей развития восстановления и развития лесной растительности на территории сельскохозяйственных угодий. Полученные

результаты указывают на зависимость между изменениями лесистости в равнинных ландшафтах Пермского Прикамья и зональностью. Подтверждается влияние антропогенных факторов на образование новых лесных геосистем при изменении деятельности агропроизводственных структур.

Практическая значимость работы. Полученные результаты могут быть полезны региональным органам исполнительной власти в области управления природными ресурсами (Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края), а также управления земельными ресурсами и их рациональным использованием (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Пермского края, Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Пермскому краю).

Результаты исследования могут использоваться в качестве методологической базы в изучении геосистем, а также в образовательном процессе в вузах, специализирующихся в подготовке кадров по специальностям и направлениям подготовки: География, Экология и природопользование, Землеустройство и кадастры, Лесное дело и др.

Информационная база исследования и достоверность полученных результатов. Материалами исследования выступают фондовые и архивные материалы, предоставленные Управлением Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Пермскому краю, Государственным архивом Пермского края, кафедрой картографии и геоинформатики географического факультета ПГНИУ, а также спутниковые снимки программы Landsat за период с 1988 по 2021 г. Изучено и проанализировано 92 космических снимка со сформированной обучающей выборкой 125–150 полигонов для каждого из них. Полевые исследования проведены на 156 участках в 33 равнинных ландшафтах Пермского Прикамья на площади 123,81 тыс. км².

Методы исследования. В работе применялись методы автоматизированного и визуального дешифрирования спутниковых снимков; статистические методы, пространственно-временной анализ и геоинформационное картографирование для представления полученных результатов.

Защищаемые положения:

– в начале 90-х годов прошлого века лесистость равнинных ландшафтов дифференцировалась в соответствии с природной зональностью;

– применение спутниковых снимков программы Landsat и топографических карт при изучении динамики лесистости показало универсальность метода при использовании на территориях, относящихся к разным природным зонам и типам ландшафта;

– масштабы и скорость изменения лесистости в равнинных ландшафтах контролируются факторами зональности. Максимальные приросты площади лесных геосистем на территории сельскохозяйственных угодий характерны для зоны подтайги, минимальные – для средней тайги. Максимальные скорости развития лесной растительности приходятся на последнее десятилетие (2010–2020 гг.).

Личный вклад автора. Автором проведен сбор, систематизация и обработка исходных материалов, в том числе данных ДЗЗ; осуществлен выбор методов проведения классификации, создание обучающей выборки, анализ и визуализация результатов исследования. Подготовка научных работ, отражающих результаты исследований, осуществлялась самостоятельно и при участии соавторов.

Апробация результатов исследования проходила на научно-практических конференциях различного уровня: X межрегиональной научно-практической конференции «Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края» (Пермь, 2017); международной научно-практической конференции «Информационные технологии в стратегии реиндустриализации АПК региона» (Пермь, 2018); всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цифровая география» (Пермь, 2020); международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС 27 Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий» (Апатиты, Мурманская область, 2021).

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 11 научных статьях, из которых пять – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, одна – в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка литературы из 149 наименований. Материал работы изложен на 134 страницах машинописного текста и включает в себя 9 таблиц, 34 рисунка.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. В начале 90-х годов прошлого века лесистость равнинных ландшафтов дифференцировалась в соответствии с природной зональностью.

Конец 80-х – начало 90-х гг. прошлого столетия характеризуется максимальным вовлечением земель в агропромышленное производство. Однако с наступлением кризиса агропроизводственного сектора, вызванного переходом к рыночной экономике, началось массовое сокращение площади возделываемой пашни и появления на их месте геосистем, представленных кустарниковой растительностью и молодым лесом. Существующая на тот момент официальная статистика отмечала лишь изменения, зафиксированные в ведомственных документах (перевод земель из категории земель сельскохозяйственного назначения в иные категории), и не отражала последние изменения, состоявшиеся в процессе формирования новых геосистем. Значительные территории, по официальным документам являвшиеся сельскохозяйственными угодьями, уже могли быть отнесенными к лесным геосистемам.

Фактические данные о лесистости природных ландшафтов (в индивидуальной трактовке) Пермского Прикамья (рис. 1) на начало 1990-х гг. – точки отсчета прироста лесных урочищ на территории сельскохозяйственных угодий были получены в результате дешифрирования разновременных космических снимков программы Landsat за 1988–1989 гг.

Лесистость ландшафтов в начале 1990-х гг. колебалась от 30,9 до 96,58% (табл. 1). Максимальные значения данного показателя соответствовали среднетаежной подзоне, а минимальные – зоне подтайги. Для первой среднее значение лесистости составило 83,7%, для второй – 54,5%. Южнотаежная подзона характеризовалась лесистостью 69,9%. Для двух ландшафтов, большей частью входящих в пределы Пермской городской агломерации и поэтому анализируемой отдельно от зональных геосистем (предполагается высокая степень влияния на динамику лесистости социально-экономических факторов), средняя лесистость составила 70,4%.

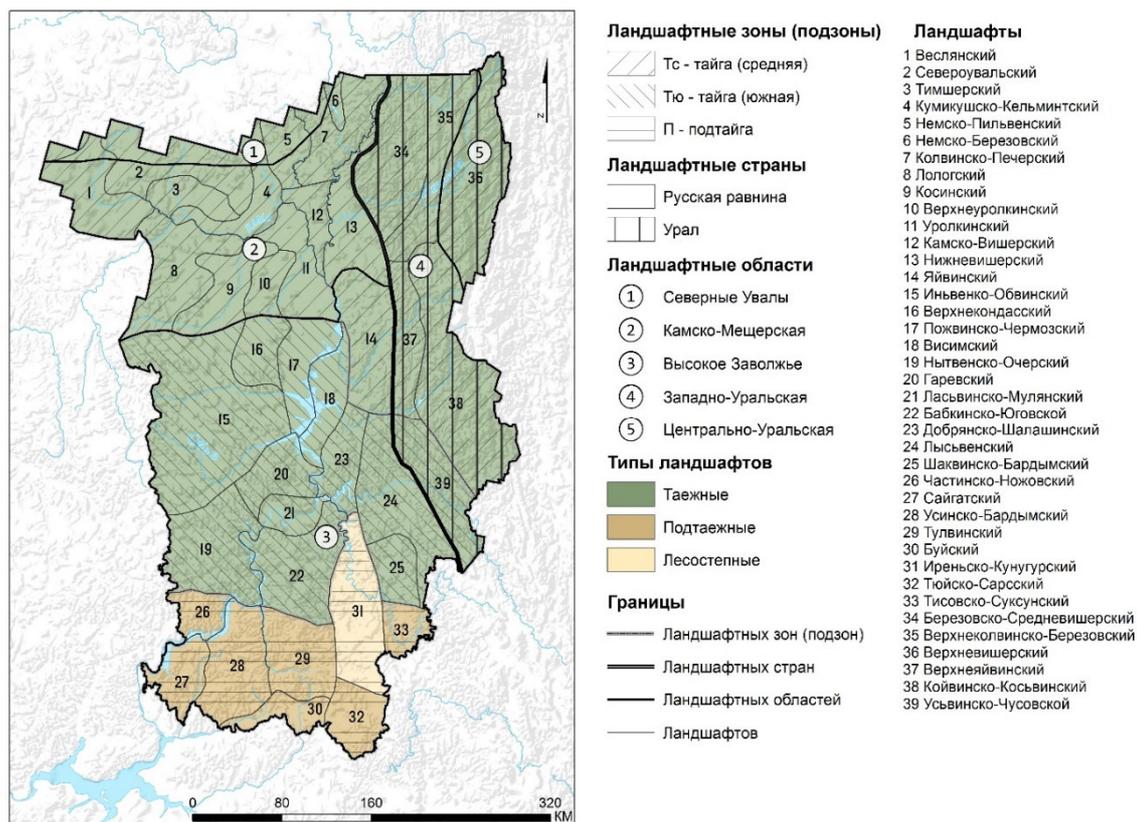


Рис. 1. Ландшафтная карта (Назаров, 2011)

Таблица 1

Площадь лесного покрова и сельскохозяйственных угодий на 1990-е гг.

Наименование ландшафта	Общая площадь ландшафта, га	Лесные геосистемы		Сельскохозяйственные угодья	
		га	%	га	%
1	2	3	4	5	6
Средняя Тайга					
1. Веслянский	454292,29	402202,15	88,53	—	—
2. Североуральский	573928,18	539202,12	93,95	—	—
3. Тимшерский	201836,88	194925,18	96,58	—	—
4. Кумикушко-Кельтминский	299838,64	159704,62	53,26	—	—
5. Немско-Пильвенский	195595,79	182999,93	93,56	82,86	0,04
6. Немско-Березовский	54766,40	34284,71	62,60	—	—
7. Колвинско-Печерский	411325,39	381163,08	92,67	3148,71	0,77
8. Лологский	555081,36	501903,69	90,42	21087,63	3,80
9. Косинский	358566,06	276901,20	77,22	28623,78	7,98
10. Верхнеуролкинский	169517,35	160264,88	94,54	4611,73	2,72
11. Уролкинский	355840,26	294131,39	82,66	36011,17	10,12
12. Камско-Вишерский	167329,21	129703,21	77,51	22546,95	13,47
13. Нижевишерский	414861,24	277516,39	66,89	11927,40	2,88
14. Яйвинский	522621,20	429187,69	82,12	29057,94	5,56
Среднее значение	4735400,27	3964090,25	83,71	157098,98	3,32

Южная Тайга					
15. Иньвенско-Обвинский	1490971,99	1002734,73	67,25	457339,55	30,67
16. Верхнекондасский	242588,56	222207,00	91,60	13105,74	5,40
17. Пожвинско-Чермозский	332055,94	241691,35	72,79	24505,09	7,38
18. Висимский	286873,41	193463,19	67,44	9462,46	3,30
19. Нытвенско-Очерский	631480,95	322459,94	51,06	301773,46	47,79
20. Гаревской	289134,37	188712,44	65,27	94550,69	32,70
23. Добрянско-Шалашинский	279843,79	228815,21	81,77	17344,29	6,20
24. Лысьвенский	634096,68	552436,00	87,12	41092,49	6,48
25. Шаквинско-Бардымский	213337,68	123946,04	58,10	81844,40	38,36
Среднее значение	4400383,37	3076465,90	69,91	1041018,18	23,66
Подтайга					
26. Частиноско-Ножовский	169023,61	82073,45	48,56	69539,09	41,14
27. Сайгатский	250853,41	156370,89	62,34	72006,94	28,70
28. Усинско-Бардымский	493791,19	253463,02	51,33	232237,94	47,03
29. Тулвинский	430158,28	289486,78	67,30	131091,86	30,48
30. Буйский	176982,39	54762,10	30,94	111614,97	63,07
31. Иреньско-Кунгурский	550488,86	243254,94	44,19	273327,33	49,65
32. Тюйско-Сарский	268443,19	193777,13	72,19	65113,86	24,26
33. Тисовско-Суксунский	161852,61	90662,98	56,02	60006,97	37,08
Среднее значение	2501593,54	1363851,29	54,52	1014938,96	40,57
Городская агломерация					
21. Ласвинско-Мулянский	169034,45	89425,36	52,90	35272,14	20,87
22. Бабкинско-Юговской	575060,81	434156,27	75,50	107926,58	18,77
Среднее значение	744095,26	523581,62	70,36	143198,71	19,24

2. Применение спутниковых снимков программы Landsat и топографических карт при изучении динамики лесистости показало универсальность метода при использовании на территориях, относящихся к разным природным зонам и типам ландшафта.

Открытые данные космической съемки программы Landsat обеспечивают уникальный многолетний ряд снимков с сохранением геометрии, калибровки, покрытия, спектральных характеристик, качества изображений и доступности данных, что позволило наиболее точно оценить изменения тех или иных процессов.

Методика работы включала в себя следующие основные этапы:

- создание коллекции спутниковых снимков и их предобработка (табл. 2);
- создание маски сельскохозяйственных угодий;
- создание масок лесопокрытых территорий шагом в 10 лет;
- анализ изменения лесистости территории ландшафтов.

Исходные данные исследования

Этапы обработки данных	Исходные данные
Маска сельскохозяйственных угодий	Снимки Landsat TM. Даты съемки: 20.02.1986, 08.01.1987, 10.01.1987, 26.01.1987, 31.01.1987, 14.02.1988, 28.02.1988. Топографическая карта Пермского края 1:100 000. Данных Единого государственного реестра недвижимости Росреестра. Геопространственные данные OpenStreetMap. Данные государственного лесного реестра.
Маска лесопокрытых территорий на 1990 гг.	Снимки Landsat TM. Даты съемки: 14.02.1988, 28.02.1988, 01.03.1988, 13.03.1989.
Маска лесопокрытых территорий на 2000 гг.	Снимки Landsat TM. Даты съемки: 29.03.1998 Снимки Landsat ETM. Даты съемки: 21.02.2000, 27.01.2000, 03.12.2000, 01.12.2001, 01.02.2002, 03.02.2002.
Маска лесопокрытых территорий на 2010 гг.	Снимки Landsat TM. Даты съемки: 21.02.2009, 23.02.2009, 16.03.2011, 20.02.2012, 25.03.2012.
Маска лесопокрытых территорий на 2020 гг.	Снимки Landsat OLI. Даты съемки: 23.01.2019, 28.01.2020, 17.01.2020, 20.02.2021, 24.02.2021, 27.02.2021.

Выделение лесопокрытых территорий наиболее эффективно производится по снимкам, полученным в период времени с устойчивым снежным покровом (рис. 2). Использование зимних снимков позволяет наиболее точно определять границы лесопокрытых территорий, благодаря сильному яркостному контрасту между покрытыми снегом безлесными участками и лесной растительностью при условии использования разновременных данных (Peterson, 2004). Для этого используются ближний инфракрасный, красный и зеленый спектральные каналы (комбинация «Искусственные цвета»). Дальнейшая классификация производится при помощи проведения управляемой классификации снимка по методу максимального подобия. Применяемый метод классификации основывается на статистическом подходе, который сводится к расчету вероятности попадания пиксела в тот или иной класс.

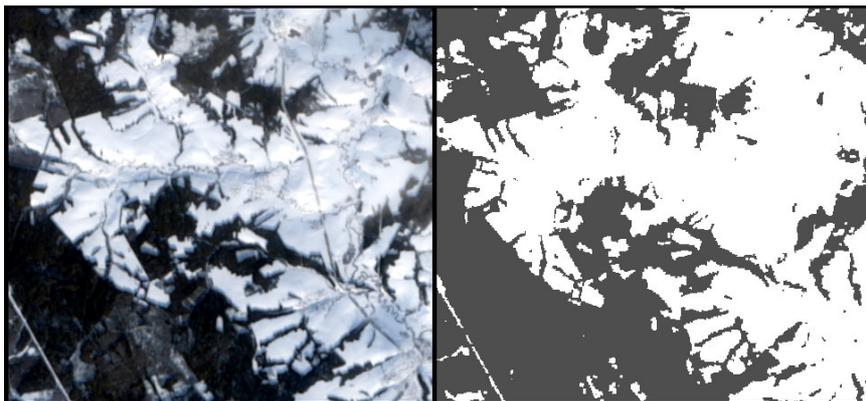


Рис. 2. Пример автоматизированного выделения лесопокрытых территорий по снимку зимнего сезона

Поскольку данная методика классификации является управляемой, то первым шагом стало определение эталонных участков, т.е. создание обучающей выборки с формированием двух классов: лесопокрытые и безлесные территории. Формирование обучающей выборки проведено с помощью экспертного дешифрирования с созданием 125–150 обучающих полигонов по каждому классу и для каждого снимка. Описанная классификация производилась в целях определения динамики формирования лесных геосистем, в которых выделяются классы лесопокрытых и не лесопокрытых территорий для каждого десятилетия (1990-е, 2000-е, 2010-е, 2020-е гг.).

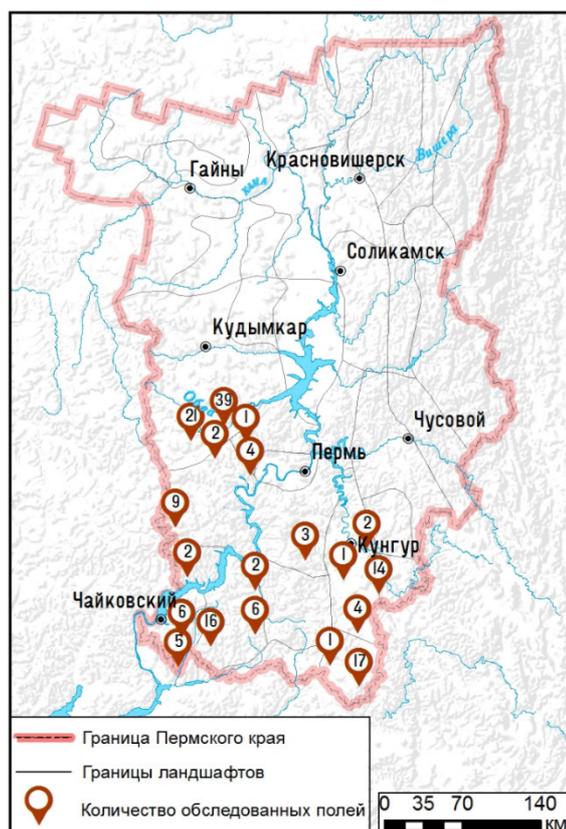


Рис.3. Расположение обследованных участков

При формировании обучающей выборки учитывались результаты выездов на местность, в ходе которых обследовано 156 участков на территории южной части Пермского Прикамья (рис. 3).

В ходе проведения выездных работ было выявлено, что данная методика позволяет дешифрировать территории лесных геосистем с преобладанием сомкнутой древесной и кустарниковой растительности (рис. 4). При подобном анализе нет возможности фиксировать ранние стадии перехода в лесные геосистемы, в особенности с преобладанием травяного яруса, редких кустарников, небольшого подроста с низкой сомкнутостью.



а



б

Рис. 4. Типичные участки бывшей пашни, зарастающие молодым лесом:
а – Бабкинско-Юговской ландшафт; б – Усинско-Бардымский ландшафт

Полученные границы лесопокрытых территорий потребовали корректировки на основе дополнительных исходных данных. Определение границ нелесных территорий, таких как населенные пункты, площади, находящиеся под водными объектами, объектами инженерной и транспортной инфраструктуры, территории, занятые в промышленном производстве, были скорректированы, опираясь на данные топографической карты Пермского края 1:100 000, Единого государственного реестра недвижимости Росреестра и открытых геопространственных данных OpenStreetMap.

Границы лесных геосистем, на которых временно нарушен лесной покров, связанный с вырубками, ветровалами и прочими негативными явлениями, были скорректированы на основе данных государственного лесного реестра.

Финальным этапом работы являлся анализ изменения лесистости территории ландшафтов на основе полученных скорректированных масок лесопокрытых территорий за период с 1990 по 2020 г. с шагом в 10 лет в границах равнинных ландшафтов Пермского Прикамья.

Данный способ получения информации по динамике залесения показал его универсальность при использовании в ландшафтах, относящихся к разным типам. Динамика процесса по десятилетиям (1990–2000–2010–2020 гг.) в таежных ландшафтах представлена на примере одного из фрагментов Бабкинско-Юговского ландшафта (рис. 5). Подтаежные типы рассмотрены на примере Тулвинского ландшафта (рис. 6), лесостепные – на примере Иреньско-Кунгурского (рис. 7).

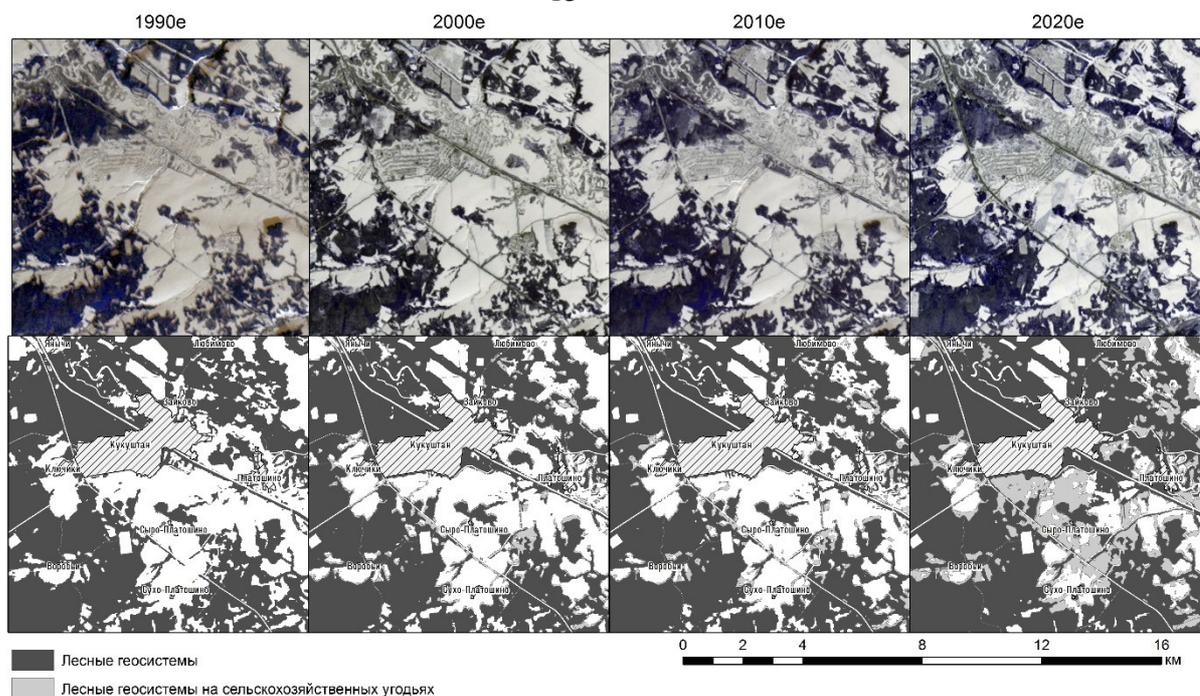


Рис. 5. Развитие лесных геосистем в Бабкинско-Юговском ландшафте (окрестности п. Кукуштан, таежный тип ландшафта)

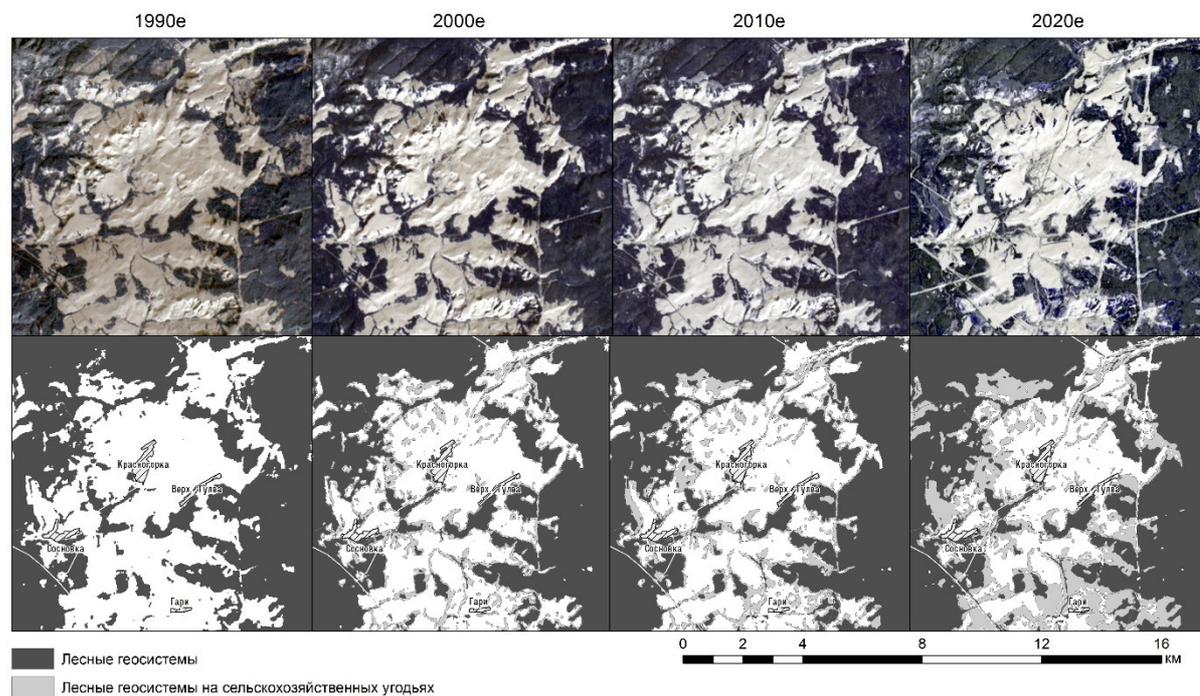


Рис. 6. Развитие лесных геосистем в Тулвинском ландшафте (окрестности с. Красногорка, подтаежный тип ландшафта)

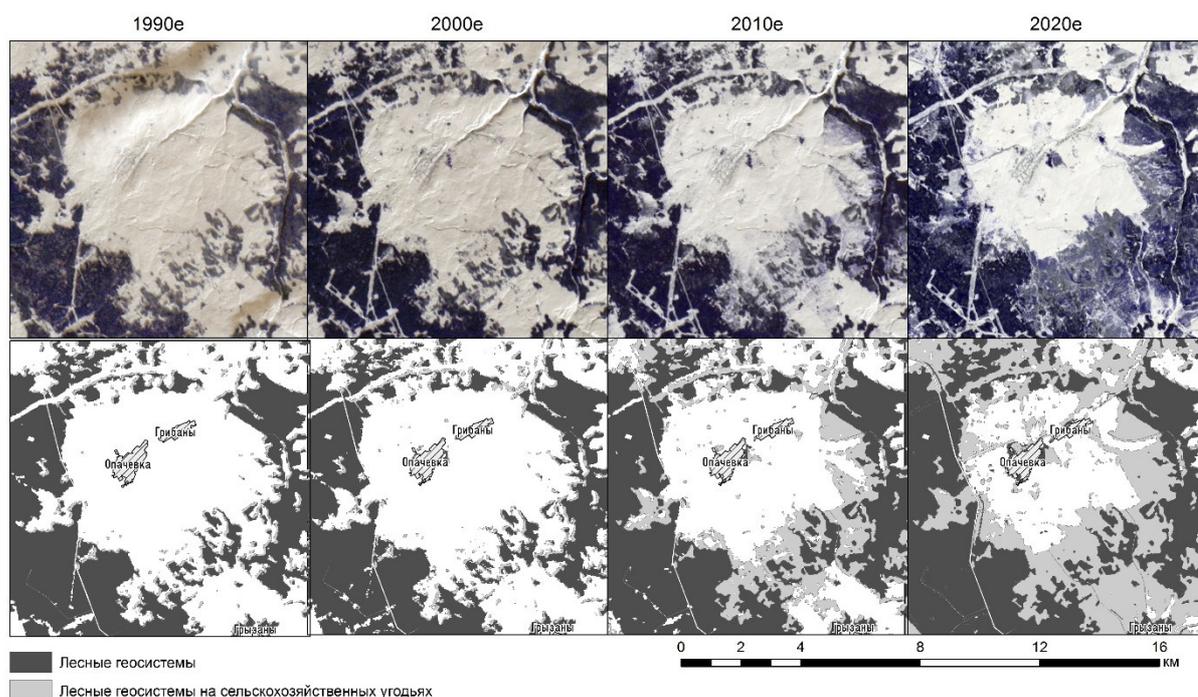


Рис. 7. Развитие лесных геосистем в Иреньско-Кунгурском ландшафте (окрестности с. Опачевка, лесостепной тип ландшафта)

3. Масштабы и скорость изменения лесистости в равнинных ландшафтах контролируются факторами зональности. Максимальные приросты площади лесных геосистем на территории сельскохозяйственных угодий характерны для зоны подтайги, минимальные – для средней тайги. Максимальные скорости развития лесной растительности приходятся на последнее десятилетие (2010–2020 гг.).

Как показал анализ динамики лесистости в пределах Пермского Прикамья, во всех ландшафтах, имеющих в своем составе территории сельскохозяйственных угодий, наблюдается увеличение площади лесных геосистем. Наиболее массово данный процесс проходил на территории наиболее освоенных ландшафтов, где сельскохозяйственные земли составляли значительную долю (табл. 3).

Анализ таблицы показал, что относительный прирост лесных геосистем напрямую зависит от принадлежности территории к той или иной природной зоне. Для средней тайги прирост лесистости составляет 2,77%, для южной тайги – 11,58%, а для подтайги – 19,70%. Изменение лесистости для ландшафтов, расположенных в зоне влияния городской агломерации (10,09%) близок к значениям характерным для южной тайги, к которой данные ландшафты относятся.

Площадь лесных геосистем и их прирост с 1990 по 2020 гг.

Наименование ландшафта	1990 гг.		Прирост с 1990 по 2020 гг.		2020 гг.	
	тыс.га	%	тыс.га	%	тыс.га	%
Средняя Тайга						
1. Веслянский	402,20	88,53	+1,63	+0,36	403,83	88,89
2. Североувальский	539,20	93,95	+0,73	+0,13	539,93	94,08
3. Тимшерский	194,93	96,58	+0,29	+0,14	195,22	96,72
4. Кумикушко-Кельтминский	159,70	53,26	+1,02	+0,34	160,72	53,60
5. Немско-Пильвенский	183,00	93,56	+0,18	+0,09	183,18	93,65
6. Немско-Березовский	34,28	62,60	+0,23	+0,42	34,51	63,02
7. Колвинско-Печерский	381,16	92,67	+3,34	+0,81	384,50	93,48
8. Лологский	501,90	90,42	+18,38	+3,31	520,28	93,73
9. Косинский	276,90	77,22	+24,26	+6,77	301,16	83,99
10. Верхнеуролкинский	160,26	94,54	+3,59	+2,11	163,85	96,65
11. Уролкинский	294,13	82,66	+27,84	+7,82	321,97	90,48
12. Камско-Вишерский	129,70	77,51	+18,25	+10,91	147,95	88,42
13. Нижневишерский	277,52	66,89	+13,13	+3,17	290,65	70,06
14. Яйвинский	429,19	82,12	+18,15	+3,47	447,34	85,59
Среднее значение	3964,09	83,71	+131,00	+2,77	4095,09	86,48
Южная Тайга						
15. Иньвенско-Обвинский	1002,73	67,25	+226,40	+15,19	1229,13	82,44
16. Верхнекондасский	222,21	91,60	+6,37	+2,63	228,58	94,23
17. Пожвинско-Чермозский	241,69	72,79	+2,36	+0,71	244,05	73,50
18. Висимский	193,46	67,44	+5,78	+2,01	199,24	69,45
19. Нытвенско-Очерский	322,46	51,06	+168,64	+26,71	491,10	77,77
20. Гаревской	188,71	65,27	+32,92	+11,38	221,63	76,65
23. Добрянско-Шалашинский	228,82	81,77	+8,41	+3,00	237,23	84,77
24. Лысьвенский	552,44	87,12	+16,79	+2,65	569,23	89,77
25. Шаквинско-Бардымский	123,95	58,10	+41,58	+19,49	165,53	77,59
Среднее значение	3076,47	69,91	+509,26	+11,58	3585,73	81,49
Подтайга						
26. Частиноско-Ножовский	82,07	48,56	+30,17	+17,84	112,24	66,40
27. Сайгатский	156,37	62,34	+32,77	+13,06	189,14	75,40
28. Усинско-Бардымский	253,46	51,33	+132,59	+26,85	386,05	78,18
29. Тулвинский	289,49	67,30	+67,23	+15,63	356,72	82,93
30. Буйский	54,76	30,94	+30,00	+16,95	84,76	47,89
31. Иреньско-Кунгурский	243,25	44,19	+146,06	+26,53	389,31	70,72
32. Тюйско-Сарский	193,78	72,19	+23,46	+8,73	217,24	80,92
33. Тисовско-Суксунский	90,66	56,02	+30,49	+18,83	121,15	74,85
Среднее значение	1363,85	54,52	+492,75	+19,70	1856,60	74,22
Городская агломерация						
21. Ласвинско-Мулянский	96,84	57,29	+9,35	+5,53	106,19	62,82
22. Бабкинско-Юговской	434,16	75,50	+58,26	+10,13	492,42	85,63
Среднее значение	523,58	70,36	+75,04	+10,09	598,62	80,45

В первую очередь залесению подвергались мелкоконтурные пашни, сенокосы и луга, расположенные в виде вкраплений в лесные массивы. Залесение территории лесной растительностью происходило поступательно, начиная от границы существующих лесных массивов в глубь полей. Как правило, первыми из оборота исключались участки, наименее удобные в сельскохозяйственном использовании. К таким территориям относились поля, расположенные на значительном удалении от населённых пунктов и имеющие неразвитую дорожную сеть. Переставали использоваться участки с высокими значениями уклона и сильно расчлененным рельефом. В дальнейшем процессы зарастания полей массово фиксировались и вблизи населенных пунктов, по мере потери интереса крупных аграрных предприятий к сельскохозяйственному использованию таких земель.

Изучение современной динамики лесных геосистем в таежной и подтаежной зонах Пермского Прикамья, которые характеризуются крайне неравномерной сельскохозяйственной освоенностью, целесообразно проводить на опорных (ключевых) природных территориальных комплексах. Геосистемы, выбранные для подобного исследования, наиболее полно отражают и характеризуют зональные особенности восстановления лесов в каждой из природных зон и/или подзон. Критерием для выбора опорных участков, в качестве которых выступают ландшафты в региональной (индивидуальной) трактовке, стали параметры их лесистости на начало 1990-х гг. прошлого столетия, а именно минимальные значения данного показателя. При таком подходе величины прироста лесных территорий ландшафтов будут наилучшим образом иллюстрировать динамические изменения наращивания доли лесов в пределах природных зон и подзон.

В качестве опорных ландшафтов были выбраны (в скобках указаны номера в соответствии с картой ландшафтного районирования, см. рис. 1):

для подзоны *средней тайги* – Косинский (9) и Камско-Вишерский (12);

для подзоны *южной тайги* – Нытвенско-Очерский (19), Шаквинско-Бардымский (25);

для *подтаежной зоны* – Сайгатский (27), Усинско-Бардымский (28), Иреньско-Кунгурский (31). Последний одновременно является и специальным ландшафтом, относящимся к *лесостепному типу* ландшафта;

для *городской агломерации* выбран специальный ландшафт – Бабкинско-Юговской (22).

Рассматривая динамику лесистости ландшафтов по десятилетиям следует отметить различия в скоростях этого процесса для разных природных зон, подзон и специальных ландшафтов, к которым относятся опорный ландшафт для городской агломерации (Бабкинско-Юговской) и лесостепной (Иреньско-Кунгурский) (табл. 4).

Скорость залесения опорных участков показывает, что для ландшафтов средней тайги пик увеличения лесной растительности приходится на второе десятилетие, затем происходит снижение интенсивности данного процесса. По-видимому, это объясняется изначально невысокими значениями площадей сельскохозяйственных угодий, на которых стало возможным появление новых лесных геосистем. Причиной можно также считать низкую степень сельскохозяйственного освоения данной территории и вследствие этого быструю потерю интереса аграрных предприятий к ней.

Таблица 4

Прирост лесистости в опорных и специальных ландшафтах, %

№ ландшафта*	Лесистость, %						
	1990	прирост с 1990 по 2000 гг.	2000	прирост с 2000 по 2010 гг.	2010	прирост с 2000 по 2020 гг.	2020
<i>Средняя Тайга</i>							
9	77,22	+2,02	79,24	+3,68	82,92	+1,06	83,98
12	77,51	+2,81	80,32	+4,94	85,26	+3,16	88,42
Ср. значения	77,31	+2,27	79,58	+4,08	83,66	+1,73	85,39
<i>Южная Тайга</i>							
19	51,06	+7,26	58,33	+7,28	65,60	+12,17	77,77
25	58,10	+7,41	65,51	+4,17	69,68	+7,91	77,59
Ср. значения	52,84	+7,30	60,14	+6,49	66,63	+11,10	77,73
<i>Подтайга</i>							
27	62,34	+4,79	67,12	+1,63	68,76	+6,64	75,40
28	51,33	+6,13	57,45	+4,17	61,62	+16,56	78,18
Ср. значения	55,03	+5,68	60,71	+3,32	64,03	+13,22	77,24
<i>Подтайга (лесостепной тип)</i>							
31	44,19	+0,01	44,19	+11,28	55,47	+15,25	70,72
<i>Городская агломерация</i>							
22	75,50	+1,96	77,46	+1,69	79,15	+6,48	85,63

* номер ландшафта соответствует номеру, приведенному в табл. 2.

В ландшафтах южной тайги значительный прирост новых лесных геосистем произошел в первое десятилетие (7,3%). В большинстве случаев леса возрождались на территориях небольших полей, лугов и сенокосов, часто встречавшихся в виде вкраплений в лесные массивы. В период с 2000 по 2010 г. наблюдался небольшой спад в интенсивности данного процесса. Почти двукратное увеличение скорости залесения (11,1%) происходит в последнее десятилетие, что становится главной особенностью развития процесса для всех ландшафтов, лежащих к югу от средней тайги.

В ландшафтах подтаежной зоны снижение скорости прироста лесистости фиксировалось во второе десятилетие, но затем, также, как и в ландшафтах южной подзоны, происходил ее скачек – прирост на 12,5% в период с 2010 по 2020 г. Территория подтаежной зоны в Пермском Прикамье была и сегодня остается наиболее развитой и востребованной в сельскохозяйственном использовании. Возможно, именно поэтому относительно умеренные темпы сокращения обрабатываемых площадей сохранялись в первые два десятилетия с начала 1990-х гг.

В первое десятилетие территория Иреньско-Кунгурского (31) ландшафта не подвергается залесению в связи сохранением интенсивного землепользования на наиболее плодородных почвах. Основной прирост приходится на два последних десятилетия, где лесистость ландшафта увеличивается с 44,19 до 70,72%.

Для Бабкинско-Юговского ландшафта (22), располагающегося в пределах городской агломерации, наблюдается такая же тенденция, как и для южнотаежных ландшафтов – основной прирост лесных геосистем произошел в последнее десятилетие. Отличие состоит лишь в том, что из-за близости к городу темпы залесения в нем в первые два десятилетия поддерживались на уровне всего 1,7–2,0%. С 2010 г. скорость залесения составила уже почти 6,5%. Причиной трехкратного ускорения, по-видимому, следует считать увеличение темпов поляризации аграрного пространства, происходящего в Пермской городской агломерации в последнее десятилетие (Блусь, Ганин и др., 2016). На смену землеемкому экстенсивному ведению сельского хозяйства приходит ареальное. Другой причиной массового забрасывания ранее обрабатываемых земель, безусловно, является косвенное влияние ядра агломерации, приводящее к определенной деградации системы расселения и трансформации функций

сельской местности. Одним из проявлений данного процесса явился достаточно ощутимый исход трудоспособной части населения из деревень в пригородные села и Пермь.

Более детально прирост лесных территорий на землях бывших сельскохозяйственных угодий и интенсивность данного процесса в пределах опорных и специальных ландшафтов можно проследить на примере анализа изменения площадей типов почв залесенных геосистем.

На рис. 8 представлена динамика зарастания выделов почв, относящихся к разным типам, расположенным в пределах опорных и специальных ландшафтов. Как видно из графика, «стартовая» (на 1990 г.) степень лесистости в пределах рассматриваемых групп почв имеет тесную связь с их плодородием – чем оно выше, тем ниже степень лесистости почвенных выделов. Смена данной закономерности отчетливо проявляется в самой нижней части диаграммы. Прибавка лесных геосистем в пределах торфянисто-подзолистых глеевых, торфяных болотных верховых и низинных почв в последние три десятилетия не велика, поскольку «не лесные» территории в пределах их выделов занимали в основном не сельскохозяйственные угодья, а неудобицы – сырые луга и болота.

Роль почвенных условий в дифференциации земель на используемые в сельском хозяйстве и переводимые в залежи (в последствии многие из них постепенно переходили в молодые леса) также имеет определенное значение в изменении пространственно-временной структуры земель в Пермском Прикамье. В первую очередь забрасывались наименее плодородные и/или наиболее трудные для обработки почвы – дерново-глееватые, торфяно-болотные и дерновые тяжелосуглинистые.

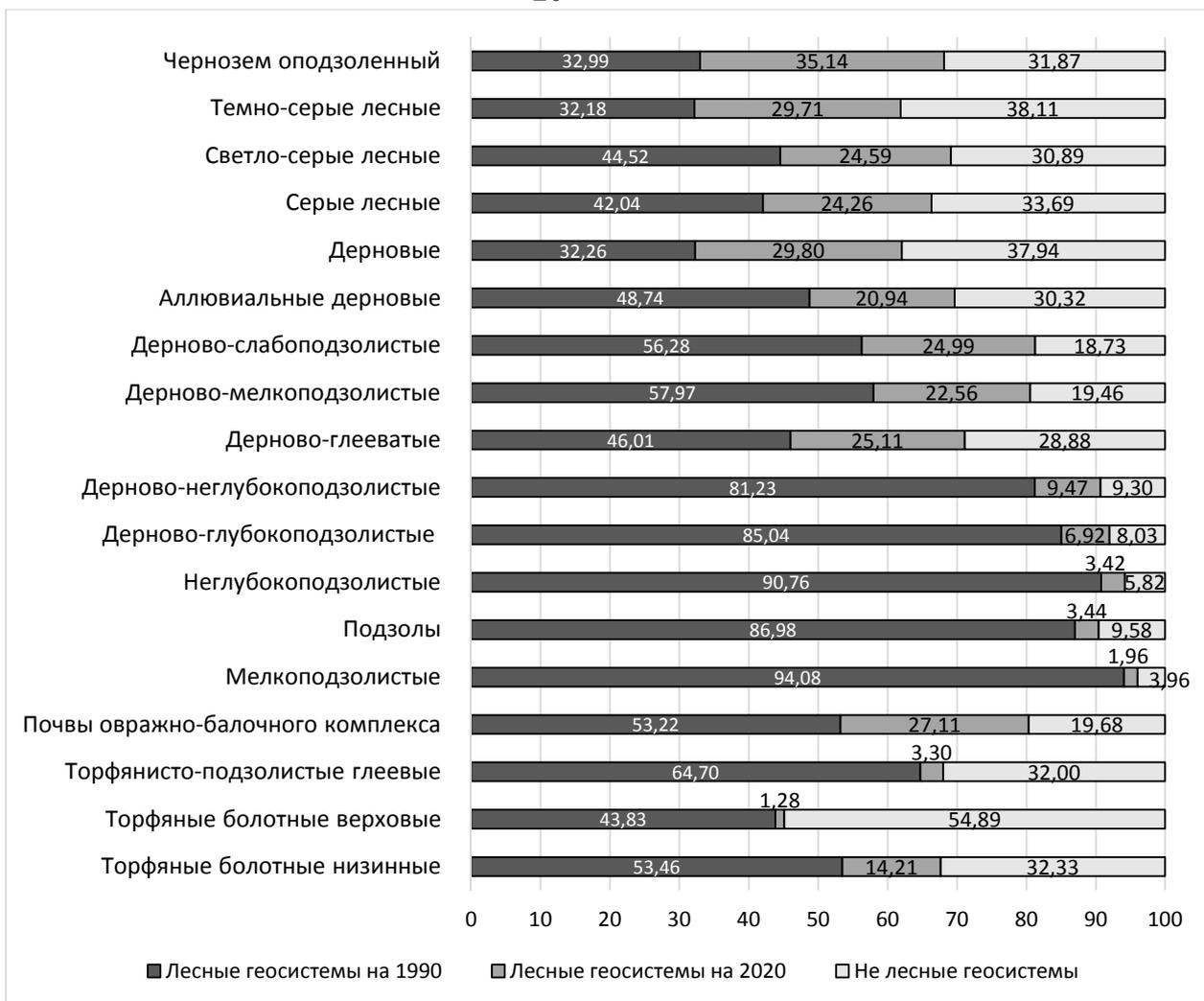


Рис. 8. Диаграмма залесения почвенных выделов на территории опорных и специальных ландшафтов Пермского Прикамья за период с 1990 по 2020 г.

Анализ залесения самых плодородных типов почв (темно-серых, светло-серых и серых лесных), расположенных в пределах таежной и подтаежной зон, показал, что в подтаежной зоне данный процесс проходил активней на 5–10%. Увеличение лесистости для относительно плодородных аллювиально дерновых почв проходило от среднетаежной подзоны, через южнотаежную подзону к подтаежной зоне (соответственно – 8,09, 27,40, 25,83%). Для почвенных выделов с более низкой степенью плодородия направленность изменения скорости залесения сменяется на противоположную. Для пары южная тайга и подтайга значения прироста для дерново-слабоподзолистых почв составляют соответственно 29,37 и 14,72%, дерново-мелкоподзолистых – 27,69 и 17,95%.

Для территории Бабкинско-Юговского ландшафта группы дерново-подзолистых почв продемонстрировали средние темпы увеличения лесистости, в сумме составляющие 87,1% от всей площади геосистемы.

Для Иреньско-Кунгурского ландшафта, при наличии определенной схожести с другими ландшафтами по направленности развития лесных геосистем, скорость и масштабы залесения имеют и некоторые различия. На первостепенную роль природных факторов в регулировании скорости и масштабов увеличения доли лесных геосистем в таежном и лесостепном типах ландшафтов наиболее четко указывают их стартовые позиции в этом процессе. Если для Иреньско-Кунгурского ландшафта сокращение доли сельскохозяйственных угодий началось со значения 44,19% лесистости, то, например, в Бабкинско-Юговском – с 75,50%, при этом скорость последующего прироста лесных геосистем у первого была в 2,5 раза выше, чем у второго. Различия между ландшафтами состоят и в более ранней – с началом 2000-х гг. активизации выпадения земель из сельхозоборота у Иреньско-Кунгурского ландшафта, в то время как в Бабкинско-Юговском это стало происходить только с 2010 г.

Рассматривая вопрос о различиях в скорости и масштабах развития лесной растительности на землях, расположенных в разных типах ландшафта, нельзя обойти вниманием и проблему их *устойчивости* к антропогенным воздействиям (возмущающим факторам). Как показали результаты изучения динамики лесных геосистем в пределах лесостепного ландшафта фитогенные механизмы его устойчивости однозначно поддержали «лесной» путь (вариант) сукцессионных изменений. За это говорят высокие темпы и масштабы залесения забрасываемых сельхозугодий. По-видимому, длительное освоение ландшафта под сельское хозяйство привело к значительной трансформации механизмов его устойчивости как системы. Разрушение «памяти биоты» антропогенной геосистемы привело к подключению «потенциала инвариантности» – географического фона с его относительно константными зональными физическими и химическими характеристиками (Коломыц, 2014). Межсистемный обмен с окружающими Иреньско-Кунгурский ландшафт таежными (лесными) геосистемами обеспечил приток семян растений и «лесной путь» восстановительных сукцессий. На высокую скорость и масштабы залесения лесостепного ландшафта, безусловно, повлиял и высокий процент плодородных почв в его пределах.

Сравнительный анализ значений показателей распространения лесных геосистем в пределах таежных ландшафтов и лесостепного ландшафта путем замещения антропогенных комплексов на природно-антропогенные («дичающие» по (Терехин, 2013)) косвенно подтверждает мнение ряда физикогеографов, что

степь и лесостепь – явления преимущественно антропогенного происхождения, и лес по сравнению с ними имеет более высокие конкурентные особенности (Терехин, 2018; Тишков, 1986, 1989).

Выводы

1. Благодаря высокому пространственному охвату, доступности и возможности одновременного анализа материалы космической съемки Landsat оптимальны в качестве исходных данных для анализа лесистости.

2. С использованием методов дистанционного зондирования Земли установлены различия в лесистости природных зон и подзон. Лесистость на начало 1990-х гг. в средней тайге составила 83,7%, южной тайге – 69,9%, подтайге – 54,5%. На современном этапе (2020-е гг.) лесистость составила 86,5%, 81,5% и 74,2% соответственно.

3. Классификация по методу максимального подобия космических снимков, полученных в период времени с устойчивым снежным покровом среднего пространственного разрешения, позволяет получить данные о скорости и масштабах развития лесных геосистем на территории сельскохозяйственных угодий.

4. В ландшафтах средней тайги пик увеличения лесной растительности приходится на второе десятилетие (2000–2010 гг.), в южной тайге, подтаежной зоне и лесостепном ландшафте – в последнее десятилетие (2010–2020 гг.).

5. Динамика лесистости Бабкинско-Юговского ландшафта в пределах Пермской городской агломерации демонстрирует резкий прирост лесных геосистем в последнее десятилетие, что может быть связано с косвенным влиянием ядра агломерации, приводящим к определенной деградации системы расселения и трансформации функций сельской местности.

6. Анализ залесения почвенных групп в пределах равнинных ландшафтов выявил, что в первую очередь забрасывались наименее плодородные, а также наиболее трудные для обработки почвы (дерново-глееватые, торфяно-болотные и дерновые тяжелосуглинистые). Самые плодородные группы почв (черноземы оподзоленные, темно-серые, светло-серые и серые лесные), подверглись активному залесению во второе и третье десятилетия.

7. Распространение лесных геосистем в пределах лесостепного ландшафта демонстрирует замещение антропогенных комплексов на природно-

антропогенные. В Пермском Прикамье лесостепь имеет антропогенное происхождения, и лес по сравнению со степными биоценозами имеет более высокие конкурентные способности к возобновлению.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах из списка ВАК

1. Белоусова А.П., Чащин А.Н. Оценка интенсивности зарастания почв сельскохозяйственных угодий лесной растительностью по данным дистанционного зондирования // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2018. – Т. 28, №3. – С. 269–278.
2. Белоусова А.П., Анализ использования пахотных земель по спутниковым снимкам Landsat на примере Кунгурской лесостепи // Географический вестник. – 2018. – № 4 (47). – С. 133–143.
3. Белоусова А.П., Применение вегетационных индексов при анализе использования пахотных угодий (на примере Уинского района Пермского края) // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24 № 4. – С. 208–218.
4. Белоусова А.П., Назаров Н.Н. Скорость и масштабы развития восстановительных сукцессий в таежных и лесостепных ландшафтах Пермского Прикамья (на примере земель сельскохозяйственного назначения) Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2021. – Т.31 В.4. – С.416–424.
5. Белоусова А.П., Назаров Н.Н. Динамика лесистости на землях Пермской городской агломерации (на примере Бабкинско-Юговского ландшафта) // Географический вестник. – 2021. – № 4 (59). – С. 18–26.

Статьи, включенные в базу Scopus

6. Белоусова А.П., Брыжко И.В. Анализ зарастания сельскохозяйственных угодий на территории Пермского края по спутниковым снимкам Landsat // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27. № 4. – С. 150–161.

Статьи в других изданиях

7. Белоусова А.П., Оценка динамики зарастания сельскохозяйственных земель на основе данных дистанционного зондирования // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края: сб. науч. тр. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Вып. 10. – С. 16–20.

8. Белоусова А.П., Динамика зарастания и прогноз состояния сельскохозяйственных угодий с использованием вегетационных индексов // материалы конференции: Информационные технологии в стратегии реиндустриализации АПК региона. Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова. – 2018. – С. 32–37.
9. Белоусова А.П. Применение данных дистанционного зондирования для выявления пахотных земель (на примере территории Уинского района Пермского края) // Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов: материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 15-летию юбилею кафедры землепользования и земельного кадастра Бурятского государственного университета (Улан-Удэ, 13–15 сентября 2018 г.) / под общей ред. В. Н. Хертуева, Л. О. Григорьевой. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета. – 2018. – С. 83–86.
10. Белоусова А.П. Возможность применения кадастровой оценки при анализе целесообразности введения неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот. // Сборник материалов III всероссийской научно-практической конференции. «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Наука и образование». – 2019. – С. 533–539.
11. Белоусова А.П., Брыжко И.В. Оценка целесообразности вовлечения в оборот сельскохозяйственных угодий подверженных зарастанию на основе данных ДЗЗ // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цифровая география»: в 2 т. –Пермь. – 2020. – С. 24–27.