

ПИРОГЕННАЯ ДИНАМИКА ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Н.И. Мирсияпов, С.Г. Глушко✉, И.К. Сингатуллин, Б.Л. Иванов

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Россия, 420015, г. Казань,
ул. К. Маркса, д. 65

glushkosg@mail.ru

Представлена краткая характеристика факторов, определяющих пожарную опасность в лесах Республики Татарстан. Проанализирована информация о борьбе с лесными пожарами, начиная с 2020 г. Установлено наличие пирогенной растительности в составе лесов. Изучены породный состав, возрастная структура и восстановительная динамика лесов пирогенного происхождения, приведена их характеристика. Изложены результаты исследования послепожарных лесных сукцессий, идущих в лесном фонде Республики Татарстан. Обращено внимание на хорошее естественное возобновление на первом этапе зарастания гарей. Указана необходимость формирования системы рубок ухода за ценным подростом, появляющимся на лесных гарях, в целях формирования более благоприятных восстановительных смен в лесных сообществах. Предложено относить лесные сукцессии с наблюдаемыми последствиями пирогенного воздействия к пирогенным — восстановительным. Показана важность более качественного учета послепожарной растительности в ходе лесоустройства с отметкой о ее пирогенном происхождении. Предложены меры для повышения эффективности охраны лесов. Рекомендуются дальнейшая систематизация послепожарных лесных сукцессий по наблюдаемым итогам и перспективам восстановительных процессов.

Ключевые слова: лесные пожары, охрана лесов, пирогенная динамика, восстановительные сукцессии

Ссылка для цитирования: Мирсияпов Н.И., Глушко С.Г., Сингатуллин И.К., Иванов Б.Л. Пирогенная динамика лесов в условиях Республики Татарстан // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 5. С. 22–34. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-5-22-34

Смена типично-коренных лесов на производные сопровождается повсеместным распространением лесовосстановительных сукцессий, которые отличаются от обычных для коренных лесов возрастных смен и заслуживают дальнейшего исследования [1]. Данное обстоятельство присуще послепожарной растительности и раскрывает пирогенную динамику современных лесов в пределах Республики Татарстан. В связи с особой опасностью лесные пожары как существенный фактор определяют восстановительные и лесообразовательные процессы, а также взаимосвязанный с ними комплекс лесохозяйственных мероприятий [2–4].

Повсеместная смена коренных лесов на производные связана с изменением лесорастительных условий, сопровождаемых деградацией биосреды и возрастанием роли абиотических факторов средообразования. Разрушение лесной биоты носит масштабный и постоянный характер, существенно влияя на лесообразовательные процессы в современных условиях. Широкое распространение лесовосстановительных

смен в кардинально изменяющихся лесорастительных условиях способствует разнообразию наблюдаемых смен. Смены, происходящие в коротко-производных, длительно-производных, устойчиво-производных и иных лесах, различаются по своим результатам. В частности, широко распространенные устойчиво-производные леса постепенно утрачивают восстанавливаемость или устойчивость. Производительность многих лесов приобрела устойчивость, а восстановление условно-коренных лесов стало проблематичным.

Восстановительная динамика лесов определяется не только исходными природными условиями, характерными для рассматриваемого типа леса, но и комплексом иных факторов, оказавших разрушительное воздействие на исходно-коренные леса, а также факторов, сопровождающих данное разрушение. Дальнейший ход лесовосстановления зависит не только от интенсивности рубки или прогорания рассматриваемого лесного участка, но и от погодных условий, наличия семенных деревьев и массы иных, часто случайных, факторов. В сложных лесных сообществах элемент случайности возрастает, усложняя восстановительную динамику таких сообществ.

В рассматриваемых нами лесах пожаром была уничтожена большая часть древостоя. В течение последующих после пожара нескольких лет остатки усыхающего древостоя продолжали служить источником семян и дальнейшего лесовозобновления. Под пологом деградирующего допожарного древостоя формировался подрост, затем — послепожарный молодняк. Формирование на рассматриваемой гари подроста и молодняка сопровождалось подавлением роста относительно ценной сосны и ускоренным разрастанием мягколиственных пород. В наблюдаемом нами послепожарном молодняке была выявлена неблагоприятная смена преобладающей на первом этапе сосны на преобладание березы. Исследование послепожарной динамики лесов, в том числе с оценкой хода лесных смен и особенностей формирования молодняков пирогенного происхождения традиционно относится к кругу актуальных задач лесного хозяйствования.

Цель работы

Цель работы — исследование региональной специфики пирогенной динамики лесов в современных условиях Республики Татарстан.

Материалы и методы

В задачи исследований входила оценка опыта борьбы с лесными пожарами, описание пирогенных лесных сукцессий, а также разработка мероприятий по повышению эффективности ведения лесного хозяйства в лесных сообществах, поврежденных природными пожарами [5–7].

В соответствии с лесопожарным районированием европейской части России все Среднее Поволжье, включая Татарстан, относится к зоне апрельских лесных пожаров [8–10]. Пожароопасный сезон начинается в апреле и заканчивается в октябре. Региональная специфика лесных пожаров определяется наличием в Татарстане двух лесорастительных зон: хвойно-широколиственных лесов и лесостепной зоны, а также высокой доступностью и горимостью лесов [11]. В качестве методической основы выполняемых работ использовано предположение о сочетании маршрутно-рекогносцировочного обследования лесов и стационарных исследований [12–14]. Кроме того, рассматриваются результаты анализа материалов лесоустройства, отчетные данные Министерства лесного хозяйства Республики Татарстан, материалы обследования пирогенной растительности [9–11]. Работы велись в пределах лесного фонда Республики Татарстан, преимущественно в Предкамье.

Лесные пожары наносят большой ущерб лесным ресурсам. Для борьбы с ними задействуются работники лесничеств, привлекается общественность. В результате выполнения большого объема противопожарных мероприятий в Татарстане за последние 10 лет удалось добиться больших успехов: возгорания в лесах практически сразу выявляются, принимаются необходимые меры, благодаря которым ущерб от пожаров сведен к минимуму.

Последний раз существенные пожары в Татарстане были зафиксированы в 2010 г. Тогда в лесничествах Татарстана было отмечено 99 лесных пожаров, в том числе катастрофические, распространившиеся на площади до 20–25 га. Эти пожары были в значительной степени вызваны катастрофической засухой, которая привела не только к пожарам, но и стала причиной массового усыхания ельников. Во избежание повторения засухи и иных неблагоприятных природных явлений, связанных с ней, было принято решение о проведении профилактической работы по охране и защите леса.

Для борьбы с последствиями лесных пожаров требуются сведения об особенностях пирогенной динамики лесов. Повреждение лесов пожарами заметно отражается на их дальнейшей динамике. Деграция древостоев, поврежденных пожарами, часто приводит к неблагоприятным сменам. Гибель хвойных и твердолиственных лесонасаждений, как правило, сопровождается разрастанием пионерных осиново-березовых древостоев, не всегда ценных в хозяйственном отношении. Большое значение приобретает формирование относительно ценного подроста под пологом поврежденных пожарами и постепенно деградирующих древостоев. Организацию рубок формирования подроста под пологом древостоев для оптимизации лесовосстановительных процессов в условиях пирогенного воздействия мы относим к актуальным мерам. Исследование восстановительных процессов в условиях пирогенного воздействия стало одной из задач, требующих неотложного решения.

Для выявления особенностей пирогенной динамики применялись методы маршрутно-рекогносцировочного обследования лесов, использовались данные лесоустройства разных лет (2001, 2011 гг.). На обследованных участках установлена интенсивность пожаров, везде пожары были устойчивые с относительно сильным прогоранием.

Пирогенная динамика лесной растительности исследована на пробных площадях, заложенных с использованием требований известного отраслевого стандарта (ОСТ 56–69–83),

на участках с разной интенсивностью и давностью прогорания [15–17]. Сукцессионные ряды моделировались на основе указаний об исследовании хода роста древостоев [2, 18, 19], а также с учетом опубликованных методологических положений об изучении лесных сукцессий [3, 4, 12]. В полевых исследованиях участвовали преподаватели, ассистенты и аспиранты кафедры таксации и экономики лесной отрасли факультета лесного хозяйства и экологии Казанского государственного аграрного университета.

Результаты и обсуждение

Лесной фонд Республики Татарстан в целом характеризуется относительно высокой доступностью большинства лесных угодий. Выровненный рельеф обеспечивает возможность прокладки дорог лесохозяйственного и противопожарного назначения, проведения лесоохранных мероприятий, оперативное выявление возгораний и относительно быстрое тушение лесных пожаров. Эффективность борьбы с лесными пожарами связана с хорошей организацией работы гослесохраны и всей лесной отрасли в регионе.

Пробные площади были заложены в Столбищенском участковом лесничестве, входящем в состав Пригородного лесничества Министерства лесного хозяйства Республики Татарстан в 2016 г. Выбранные для обследования участки были пройдены устойчивым низовым пожаром в 2010 г. До пожара, по данным лесосоустройства 2001 г., на участках произрастали культуры сосны. После пожара, по данным лесосоустройства 2011 г., древостои сосны были сильно повреждены и массово усыхали (табл. 1).

На всех обследованных участках тип леса определен как сосняк сложный кустарниковый (СК), тип лесорастительных условий — свежая суборь (С2).

После пожара распад соснового древостоя затянулся на несколько лет (2010–2015 гг.), в течение которых на участках появился довольно густой подлесок и подрост. На период закладки пробных площадей (2016) остатки допожарного древостоя практически не сохранились. Распад древостоя, поврежденного пожаром, был отслежен с использованием преимущественно материалов лесосоустройства (см. табл. 1).

На космическом фотоснимке 2008 г. (рис. 1) видно, что в местах последующей закладки пробных площадей произрастали высокополнотные сосняки. На снимке 2016 г. (рис. 2) наблюдается повреждение участков пожарами, в частности, хорошо заметно изреживание древостоев и явное снижение полноты. Участок,

Т а б л и ц а 1

Таксационные показатели на участках, по данным лесосоустройства 2001 и 2011 гг.

Taxation indicators for the areas, according to forest management data for 2001 and 2011

Показатель	Пробная площадь № 1	Пробная площадь № 2
Лесосоустройство, 2001 (подрост отсутствует подлесок редкий)		
Квартал	67	68
Выдел	1	10
Площадь выдела, га	1,6	7,9
Породный состав	10С+Б	9С1Б
Возраст, лет	31	32
Средняя высота, м	13,0	14,0
Средний диаметр ствола, см	14,0	18,0
Полнота относительная	0,8	0,7
Запас, м ³ /га	150,0	160,0
Лесосоустройство, 2011 (подрост отсутствует подлесок редкий)		
Квартал	67	68
Выдел	3	11
Площадь выдела, га	1,8	8,0
Породный состав	8С2Б	6С4Б
Возраст, лет	41	42
Средняя высота, м	16,0	17,0
Средний диаметр ствола, см	18,0	20,0
Полнота относительная	0,4	0,3
Запас, м ³ /га	60,0	50,0

наиболее сильно поврежденный пожаром 2010 г., выделен пунктирной линией на космическом фотоснимке, в центре рис. 1 и 2. Кроме того, на рис. 2 указано месторасположение описываемых нами пробных площадей. Район закладки пробных площадей находится примерно в 1,0...1,5 км на северо-восток от поселка Тарлаши. Хорошо заметны участки лесного фонда, а также пахотные угодья, принадлежащие различным сельхозформированиям.

Вид на сухостой в 2012 г. с западной стороны (от поселка Тарлаши) в районе закладки пробной площади № 2, представлен на рис. 3. На гари заметен сухостой сосны с березой, отдельные деревья сохраняют жизнеспособность, выступая источником семян для естественного возобновления из самосева, в том числе на заброшенной пашне (на переднем плане фото).

Вид того же места в 2016 г. представлен на рис. 4. На фото хорошо заметна полная гибель допожарного древостоя и почти полный распад

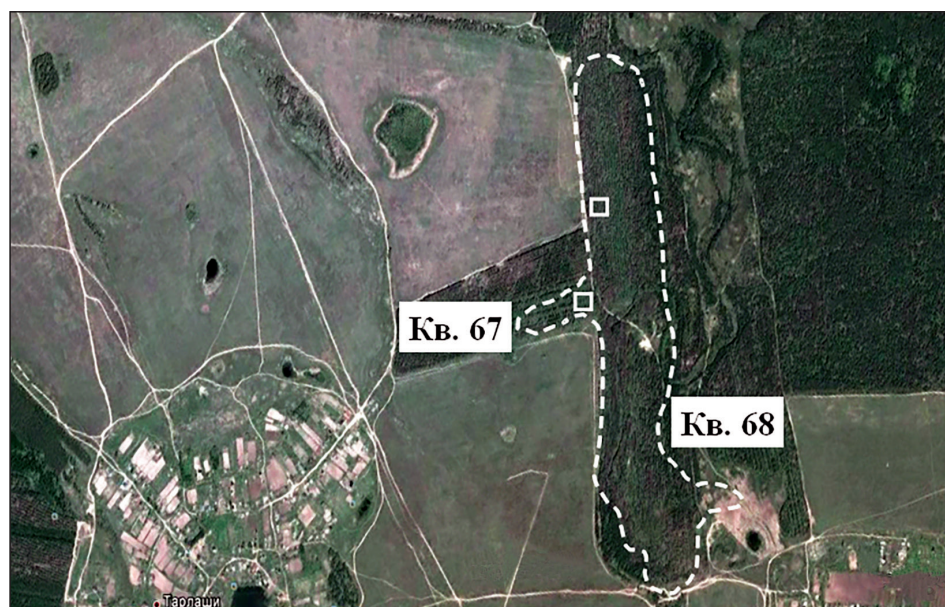


Рис. 1. Древостой сосняков кустарниковых в кварталах № 67, 68 Столбищенского участкового лесничества до пожара 2010 г.

Fig. 1. Shrub pine forests in blocks No. 67, 68 of the Stolbishchensky district forestry before the fire of 2010



Рис. 2. Расположение пробных площадей № 1, 2 в кварталах № 67, 68 Столбищенского участкового лесничества после пожара 2010 г.

Fig. 2. Location of sample plots No. 1, 2 in blocks No. 67, 68 of the Stolbishchensky district forestry after the fire of 2010

сухостоя образовавшегося вследствие пожара 2010 г. На переднем плане виден процесс формирования молодняка сосны с участием березы на месте заброшенной пашни. Под пологом быстро распадающегося сухостоя создаются условия, благоприятствующие ускоренному росту мягколиственных древесных пород и кустарников, преимущественно березы и малины. Формирование молодняка березы сопровождается

вытеснением экземпляров светолюбивой сосны, слабоустойчивой к затенению.

Особенности формирования подроста исследовались на учетных площадках в пределах пробных площадей (табл. 2, 3). Результаты перечета подроста, имеющегося на пробных площадях (см. табл. 2, 3), приведены по общепринятым в лесной таксации категориям крупности. В составе заметно существенное участие



Рис. 3. Сухостой сосны на гари 2010 года в 2012 г. Вид на гать с западной стороны (фото 2012 г.). На переднем плане слева пахотные угодья, зарастающие сосной

Fig. 3. Dead pine trees on the burnt area of 2010 in 2012. View of the burnt area from the western side (photo from 2012). In the foreground on the left are arable lands covered with pine



Рис. 4. Остатки сухостоя на гари 2010 г. в 2016 г. Вид на гать с западной стороны (фото 2016 г.). На переднем плане слева молодняк сосны на заброшенной пашне

Fig. 4. Remains of dead wood on the 2010 burnt area in 2016. View of the burnt area from the west (photo 2016). In the foreground on the left is a young pine forest on an abandoned arable land

мелкого подроста сосны наряду с относительно большим количеством среднего и крупного подроста мягколиственных пород березы, осины, тополя, ивы. Учитывая сложившийся породный

состав, и распределение подроста по категориям крупности, а также высокую энергию роста мягколиственных пород и известное светолюбие сосны обыкновенной, можно ожидать подавле-

Т а б л и ц а 2

Перечет подроста на пробной площади № 1 (2016)

Young growth inventory on sample plot No. 1 (2016)

Номер учетной площадки	Площадь учетной площадки, м ²	Размеры подроста	Количество подроста по лесообразующим породам, шт.					
			Сосна	Береза	Осина	Тополь	Клен	Ива
1	25	Мелкий	15	—	—	—	—	—
		Средний	—	10	—	—	—	—
		Крупный	—	2	4	2		2
2	25	Мелкий	17	—	—	—	—	—
		Средний	—	15	—	—	1	—
		Крупный	—	3	5	1	5	3
3	25	Мелкий	14	1	—	—	—	—
		Средний	—	10	—	—	—	—
		Крупный	—	2	2		5	1
4	25	Мелкий	10	1	—	—	—	—
		Средний	—	10	—	—	—	—
		Крупный	—	—	4	—	1	—
Итого на 100 м ²		Мелкий	56	2	—	—	—	—
		Средний	—	45	—	—	8	—
		Крупный	—	7	15	3	11	6
Итого на 1 га — 15300 шт.			5600	5400	1500	300	1900	600

Т а б л и ц а 3

Перечет подроста на пробной площади № 2 (2016)

Young growth inventory on sample plot No. 2 (2016)

Номер учетной площадки	Площадь учетной площадки, м²	Размеры подроста	Количество подроста по лесообразующим породам, шт.					
			Сосна	Береза	Осина	Тополь	Клен	Ива
1	25	Мелкий	1	—	—	—	—	—
		Средний	—	6	—	—	2	—
		Крупный	—	5	4	2	3	1
2	25	Мелкий	2	—	—	—	—	—
		Средний	—	7	—	—	3	—
		Крупный	—	4	3	2	1	3
3	25	Мелкий	2	—	—	—	—	—
		Средний	—	5	—	—	2	—
		Крупный	—	4	3	4	1	2
4	25	Мелкий	1	—	—	—	—	—
		Средний	—	5	—	—	1	—
		Крупный	—	5	5	2	2	2
Итого на 100 м²		Мелкий	6	—	—	—	—	—
		Средний	—	23	—	—	9	—
		Крупный	—	18	15	10	7	7
Итого на 1 га — 9500 шт.			600	4100	1500	1000	1600	700

ние сосны со стороны разрастающихся березы и осины. В ближайшие 1–2 десятилетия мы прогнозируем полное выпадение из состава имеющегося лесного сообщества сосны, затем ивы и формирование осиново-березового древостоя с подчиненным пологом, состоящим преимущественно из клена.

Ожидаемое выпадение из состава формируемого сообщества сосны мы считаем неблагоприятной сменой или крайне негативной тенденцией лесовосстановительного процесса и считаем целесообразным принять меры по сохранению имеющегося подроста сосны. Необходимо проведение рубок ухода за сосной как

Т а б л и ц а 4

Перечет подлеска на пробной площадке № 1 (2016)

Young growth inventory on sample plot No. 1 (2016)

Номер учетной площадки	Площадь учетной площадки, м ²	Виды подлесочных растений				
		Малина	Бересклет	Лещина	Жимолость	Бузина
1	25	4	2	—	1	—
2	25	5	—	1	—	—
3	25	3	1	—	—	1
4	25	1	—	—	—	—
Итого на 100 м ²		13	3	1	1	1
Итого на 1 га		1300	300	100	100	100

Т а б л и ц а 5

Перечет подлеска на пробной площадке № 2 (2016)

Young growth inventory on sample plot No. 2 (2016)

Номер учетной площадки	Площадь учетной площадки, м ²	Виды подлесочных растений				
		Малина	Бересклет	Лещина	Жимолость	Бузина
1	25	5	2	—	1	—
2	25	3	3	—	1	—
3	25	5	1	1	—	—
4	25	6	1	—	—	1
Итого на 100 м ²		19	7	1	—	1
Итого на 1 га		1900	700	100	200	100

за главной породой, с интенсивной вырубкой мягколиственных пород, а также кустарников.

Учетный подрост (см. табл. 2, 3) — это фактически уже молодняк, формирующийся вместо деградированного допожарного древостоя. Методика обследования подростка, использованная в данном случае, позволила выявить распределение учетных молодых деревьев по категориям крупности. Распределение по категориям крупности и знание особенностей роста и развития молодых деревьев учетных пород позволяет прогнозировать дальнейшее интенсивное разрастание березы, осины, тополя и ивы наряду с дальнейшим подавлением роста сосен, вплоть до практически полного выпадения пока присутствующей сосны из состава рассматриваемых лесных сообществ. Рассмотренная и прогнозируемая здесь динамика лесных сообществ вполне обычна для постпирогенной динамики лесов.

Для сохранения относительно ценного подростка сосны и предотвращения наблюдаемой неблагоприятной смены сосны на осину и березу в данном случае необходимо своевременное и интенсивное проведение рубок ухода за сосной с выборкой ивы, тополя, осины и березы, а также вырубкой лесного подлеска, интенсивно разрастающегося на всех рассматриваемых участках.

Результаты перечета подлеска представлены в табл. 4, 5. В целом подлесок густой и довольно разнообразный, его дальнейшее разрастание создает неблагоприятные условия для произрастания сосны. Вырубка подлеска наряду с относительно малоценными мягколиственными породами, есть обязательное условие сохранения в формируемом лесном сообществе такой светолубивой породы как сосна. Для пирогенных лесонасаждений на рассматриваемых участках считаем актуальным проведение рубок формирования ценного подростка при сохранении материнского древостоя, равно как и уход за ценными лесообразующими породами в молодняках после гибели этого (допожарного) древостоя.

Развитие подлеска (см. табл. 4, 5) связано с усыханием допожарного древостоя. В дальнейшем подлесок будет постепенно подавляться в формирующемся молодняке разрастающимися деревьями мягколиственных пород. На период закладки пробных площадей (2016) имеющийся подлесок и разрастающийся молодняк мягколиственных пород активно подавляют рост молодняка относительно ценных пород, таких как сосна. Причина гибели сосен в формирующемся молодняке пирогенного происхождения, как уже отмечалось выше, заключается в подавлении сосен разрастающимися (и быстрора-

стущими) мягколиственными породами (березой и осиной), в связи с чем их проектируемая вырубка необходима для сохранения сосен и предотвращения неблагоприятной смены.

Рубки формирования подроста под материнским пологом с последующим формированием молодняка после деградации этого полога возможны при относительно высокой интенсивности организации и ведения лесного хозяйствования. Республика Татарстан в значительной степени соответствует требованиям дальнейшей интенсификации лесного дела.

Допожарный древостой на рассматриваемых нами участках не сохранился, что для условий Татарстана не характерно, в большинстве случаев повреждение лесов низовыми пожарами приводит к гибели отдельных деревьев с сохранением допожарного материнского древостоя, где целесообразно проведение рубок формирования подроста. В случае с лесонасаждениями на наших пробных площадях необходимо проведение рубок ухода в молодняках в целях предотвращения неблагоприятной смены и сохранения сосны в составе формирующихся древостоев, желательно в качестве главной породы.

Антропогенное вмешательство в лесообразовательные процессы обширных регионов ведет к повсеместному разрушению коренной растительности, одновременно запуская процессы лесовосстановления. Лесовосстановительные процессы в условиях масштабного и постоянного разрушения лесной биоты часто носят длительный и незавершенный характер. Широкое распространение получают неблагоприятные смены, затягивающие восстановление условно-коренных лесов. Интенсивное использование лесных ресурсов должно компенсироваться не менее интенсивным антропогенным воздействием, направленным на оптимизацию повсеместно идущих процессов лесовосстановления. Необходимо внедрение научно обоснованных мероприятий, способствующих более эффективному лесовосстановлению и лесоразведению в современных условиях лесного хозяйствования.

Для практики лесного хозяйствования в Республике Татарстан и во многих других хорошо освоенных регионах становится вполне обычной своевременная организация борьбы с возгораниями в лесном фонде. Поврежденные огнем лесные участки слабо учитываются лесоустройством как гари, в том числе по причине слабого повреждения растительности и быстрого зарастания подростом последующего происхождения. Практическое отсутствие категории «гарь» не исключает наличия пирогенной

лесной растительности и пирогенной динамики лесов, требующей соответствующего внимания исследователей.

Пирогенная динамика лесов имеет свои отличительные особенности. В лесах, пройденных пожарами, практически полностью погибает подрост предварительного происхождения, деградирует допожарный древостой, часто формируются условия, способствующие появлению разнообразного подроста и подлеска последующего происхождения. Процессы, идущие в послепожарном подросте или молодняке зачастую не соответствуют представлениям о благоприятном восстановлении лесов. Для послепожарной растительности обычно разрастание мягколиственных пород, подавление роста и развития ценных хвойных и твердолиственных пород, что приводит к неблагоприятным сменам породного состава в формирующихся молодых лесных сообществах.

На участках, пройденных лесными пожарами разной интенсивности появление последующего подроста или молодняка зависит от источников семян. На рассматриваемых нами участках отмечено значительное количество мелких экземпляров сосны, появившейся из самосева, благодаря сохраняющим жизнеспособность деревьям сосны материнского полога. Аналогичные процессы хорошего возобновления ели часто отмечаются в местах свежих гарей и массового усыхания ельников [4, 7]. Дальнейшая судьба подроста ценных пород складывается по-разному. В условиях южной тайги и хвойно-широколиственных лесов с усложнением породного состава усиливаются конкурентные взаимоотношения, ведущие к подавлению роста и развития хвойных и твердолиственных пород со стороны быстрорастущих мягколиственных пород, отмечаются неблагоприятные смены породного состава. В таких случаях уход за подростом или молодняками, проведение рубок формирования породного состава и оптимизацию процессов лесовосстановления следует признать актуальными задачами лесного хозяйства.

Формируемые на первых этапах пирогенных сукцессий лесные сообщества часто содержат в своем составе значительное количество проростков, всходов относительно ценных лесообразующих пород, хвойных и твердолиственных, сохранение которого входит в задачи лесного хозяйства [20–22]. В Татарстане распространены культуры сосны, благодаря чему самосев данной породы обычен на первых этапах зарастания заброшенных сельхозугодий, на вырубках и гарях [22–24]. Этот ценный подрост в последующем часто подавляется раз-

растающими травами, кустарниками и мягколиственными породами [25, 26]. Сохранение хвойного или твердолиственного компонента в подросте, а в дальнейшем и в древостоях пирогенного происхождения требует проведения рубок ухода (осветления), по формированию благонадежного подроста ценных пород под пологом материнского древостоя, проведения целевых рубок «формирования подроста» и молодняков [26–28].

Своевременное выявление возгораний в лесном фонде способствует эффективной борьбе с лесными пожарами. В данной связи считаем целесообразным использование современных аэрокосмических технологий, космических снимков леса, организацию авиапатрулирования лесов с привлечением беспилотных летательных аппаратов для оперативного выявления случаев возгорания лесов.

Несмотря на практическое отсутствие такой категории земель, как «гари», в лесном фонде Татарстана присутствуют участки лесной растительности, в разной степени поврежденные лесными пожарами, и находящимися на разных стадиях послепожарного лесовосстановления [29, 30, 31]. Для исследования лесовосстановительных процессов необходимо моделирование лесных смен, сукцессионных или динамических рядов [32]. Лесонасаждения, формирующиеся в условиях существенного пирогенного воздействия, в ходе очередного лесоустройства следует отмечать как «леса пирогенного происхождения», назначая в них соответствующие мероприятия.

Практически все леса можно представить как этапы возрастных и восстановительных смен [33]. Накопленная лесоустройством большая база данных или таксационных описаний, практически вся может быть использована при моделировании смен, идущих в современных лесах, с построением различного рода сукцессионных рядов [34–36]. Важнейшим условием данной работы будет классификация выявленных лесных смен по их результатам (коротко-восстановительные, длительно-восстановительные необратимые и иные смены в лесах).

Проектирование и выполнение лесохозяйственных мероприятий следует постоянно корректировать, повышая интенсивность ведения лесного хозяйства, в зависимости от интенсификации лесопользования, а также в зависимости от успешности лесовосстановления и современных тенденций лесообразовательного процесса, выявленных по итогам изучения сукцессионных (восстановительно-возрастных) рядов в лесах, в том числе в лесах пирогенного происхождения.

Выводы

Восстановительные сукцессии в условиях пирогенного разрушения лесной биоты, приобретают экзогенный характер и существенно отличаются от восстановительных смен, наблюдаемых в устойчивых коренных лесах. С утратой лесами устойчивости и восстановливаемости в исходно-коренное состояние, лесовосстановительные процессы приобретают незавершенный характер, а лесообразующие породы проявляют свойства, соответствующие измененным условиям природной среды.

На всех обследованных участках, в условиях сильного прогорания, установлена полная деградация допожарного древостоя и существовавшего подроста предварительного происхождения. На первом этапе пирогенных восстановительных сукцессий, под пологом деградирующих древостоев, формируется подрост последующего (послепожарного) происхождения, с высокой долей участия сосны. На последующих этапах лесных сукцессий отмечено формирование молодняка, с полным выпадением сосны и неблагоприятной сменой породного состава, где господство переходит к березе, также другим мягколиственным породам. Сохранение сосны в составе формирующегося молодняка связано с вырубкой мягколиственных пород, угнетающих рост сосны.

Для условий Татарстана впервые предлагается проводить рубки формирования подроста, с последующим уходом за молодняками, их осветлением и формированием оптимального породного состава пирогенных лесонасаждений. Данное предложение находится в соответствии с результатами исследования пирогенных лесных сукцессий различных регионов России.

Совершенствование выборочных рубок, способствующих оптимизации породного состава подроста или молодняков пирогенного и иного происхождения будет способствовать дальнейшей интенсификации лесного хозяйства, а также повышения эффективности выращивания лесов. Воздействие на лесовосстановительные процессы имеет определенные перспективы успешного внедрения в хозяйственно освоенных и лесодефицитных регионах, таких как Республика Татарстан.

Список литературы

- [1] Глушко С.Г. Информационная составляющая лесных биогеосистем. Казань: Бриг, 2020. 144 с.
- [2] Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность, 1982. 552 с.

- [3] Комарова Т.А. К вопросу о закономерностях вторичных сукцессий в лесах Южного Сихотэ-Алиня // Динамические процессы в лесах Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 21–36.
- [4] Комарова Т.А., Прохоренко Н.Б., Глушко С.Г., Терехина Н.В. Послепожарные сукцессии в лесах Сихотэ-Алиня с участием *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. Методологические положения и методические подходы в их изучении. СПб.: Свое издательство, 2017. 402 с.
- [5] Сукачев В.Н. Растительные сообщества (Введение в фитосоциологию). Л.; М.: Книга, 1928. 232 с.
- [6] Колесников Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение, 1974. № 2. С. 3–20.
- [7] Куренцова Г.Э. Естественные и антропогенные смены растительности Приморья и Южного Приамурья. Новосибирск: Наука, 1973. 230 с.
- [8] Мелехов И.С. Лесная типология. М.: МЛТИ, 1976. 73 с.
- [9] Гаянов А.Г. Леса и лесное хозяйство Татарстана. Казань: Идел-Пресс, 2001. 235 с.
- [10] Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование подзоны южной тайги и хвойно-широколиственных лесов европейской части СССР. М.: МЛТИ, 1958. 22 с.
- [11] Prokhorenko N.B., Komarova T.A., Glushko S.G. Postpyrogenic Successions in Oak–Korean Pine Schisandra–Hazel Forests in Sikhote-Alin // Contemporary Problems of Ecology, 2024, v. 17, no. 7, pp. 1042–1054. DOI 10.1134/S1995425524700781
- [12] Комарова Т.А., Жабько Е.В. Сравнительная оценка экологической толерантности лесных растений в разных регионах Дальнего Востока // Экология, 2011. № 5. С. 344–350.
- [13] Сукачев В.Н. Программа и методика биогеоценотических исследований / под ред. В.Н. Сукачева, Н.В. Дылиса. М.: Наука, 1966. 334 с.
- [14] Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938. 620 с.
- [15] Работнов Т.А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 352 с.
- [16] Сочава В.Б. Растительные сообщества и динамика природных систем // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока, 1968. Вып. 20. С. 12–22.
- [17] Яковлев А.С., Яковлев И.А. Дубравы Среднего Поволжья. Йошкар-Ола: Изд-во Марийского ГТУ, 1999. 351 с.
- [18] Теринов Н.Н., Андреева Е.М., Залесов С.В., Луганский Н.А., Магасумова А.Г. Восстановление еловых лесов: теория, отечественный опыт и методы решения // ИзВУЗ Лесной журнал, 2020. № 3. С. 9–23.
- [19] Лепехин А.А., Чеканышкин А.С. Рост и жизнеспособность дуба черешчатого в изреженных рубками ухода насаждениях // ИзВУЗ Лесной журнал, 2018. № 6. С. 70–77.
- [20] Grimme J.P. Plant strategies and vegetation processes, 1979, 222 p.
- [21] Добрынин А.П. Дубовые леса Российского Дальнего Востока (биология, география, происхождения) // Труды Ботанических садов ДВО РАН. Т. 3. Владивосток: Дальнаука, 2000. 260 с.
- [22] Greene D.F., Johnson E.A. Tree recruitment from burn edges // Canadian J. Forest Research, 2000, v. 30, no. 8, pp. 1264–1274.
- [23] Комарова Т.А., Сибирина Л.А., Ли Д.К., Кан Х.С. Демутационные сукцессии после пожаров в лиано-во-разнотравно-широколиственных широколиственно-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня // Лесоведение, 2008. № 4. С. 10–19.
- [24] Комарова Т.А., Терехина Н.В., Орехова Т.П. Покой жизнеспособных семян в почве и их прорастание после пожаров в широколиственно-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня // Ботанический журнал, 2021. Т. 106. № 3. С. 255–271.
- [25] Clewell A.F., Aronson J. Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. Ecological Restoration, Second Edition. Island Press, 1718 Connecticut Avenue NW, Suite 300, Washington, DC 20009, 2013, 303 p.
- [26] Минниханов Р.Н., Мусин Х.Г., Гафиятов Р.Х., Гибадуллин Н.Ф. Система воспроизводства и лесопользования в малолесных регионах Среднего Поволжья // Лесоведение, 2020. № 1. С. 55–63.
- [27] Ковалев А.П., Орлов А.М., Лашина Е.В., Грищенко Ю.А. Состояние и перспективы использования лесных ресурсов Приморского края // Сибирский лесной журнал, 2019. № 5. С. 15–21.
- [28] Мельник П.Г., Вронская А.М. Динамика видовой и возрастной структуры лесного фонда Никольской лесной дачи // Леса Евразии — леса Поволжья: Материалы XVII Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 150-летию со дня рождения проф. Г.Ф. Морозова, 95-летию Казанского государственного аграрного университета и Году экологии в России, Казань, 22–28 октября 2017 г. М.: Маска, 2017. С. 82–84.
- [29] Мухаметшина А.Р., Шайхразиев Ш.Ш. Изучение состояния ельников Республики Татарстан // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2019. № 2. С. 71–79.
- [30] Sultanova R., Martynova M., Konashova S. Cutting practices in mature stands of *Tilia cordata* Mill // Central European Forestry J., 2020, v. 66, no. 3, pp. 151–158.
- [31] Гаврилова О.И., Грязькин А.В. Особенности самовозобновления сосны на гари // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 3. С. 69–74. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-69-74
- [32] Krestov P.V., Korznikov K.A., Kislov D.E. Profound Changes in Terrestrial Ecosystems in Russia in the 21st Century // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2020, v. 90, no. 3, pp. 291–297.
- [33] Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. Ecological Processes, 2019, no.8, p. 47.
- [34] Ульданова Р.А., Сабиров А.Т. Продуктивность дубовых насаждений прибрежных территорий реки Волги // Российский журнал прикладной экологии, 2021. № 3(27). С. 11–22.
- [35] Пуряев А.С., Зарипов И.Н., Петров В.А. Дубравы Среднего Поволжья: состояние, воспроизводство и сохранение // Лесохозяйственная информация, 2019. № 3. С. 190–198.
- [36] Johnstone J.F., Chapin F.S. Effects of soil burn severity on post-fire tree recruitment in boreal forest // Ecosystems, 2006, no. 9(1), pp. 14–31.

Сведения об авторах

Мирсияпов Наиль Ильясович — ассистент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Nail.86@mail.ru

Глушко Сергей Геннадьевич — канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», glushkosg@mail.ru

Сингатуллин Ирек Кирамович — канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», betula2@mail.ru

Иванов Борис Литта — канд. техн. наук, декан факультета лесного хозяйства и экологии, доцент кафедры лесоводства и лесных культур, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», littab@mail.ru

Поступила в редакцию 04.06.2025.

Одобрено после рецензирования 22.07.2025.

Принята к публикации 21.08.2025.

PYROGENIC DYNAMICS OF FORESTS IN TATARSTAN REPUBLIC

N.I. Mirsiyapov, S.G. Glushko[✉], I.K. Singatullin, B.L. Ivanov

Kazan State Agrarian University, 25, K. Marx st., 420015, Kazan, Russia

glushkosg@mail.ru

Significant changes occurring in the forest stands in many developed regions of the Tatarstan Republic are stated. It is concluded that indigenous forest communities are replaced by derivative ones, with a predominance of pioneer and serial plant species. The incomplete nature of the reforestation place in the surveyed forests was revealed. The author's interpretation of the factors determining the predominance of derivative forest communities and the incomplete nature of regeneration shifts in modern forests is presented. Attention is drawn to the instability of modern, so-called sustainable-derived forest communities. The results of a study of forest successions are proposed for consideration. It is proposed to classify forest successions with observed restoration of primary and conditionally primary forests as typical restoration ones. In cases where the restoration of indigenous communities cannot be predicted and is delayed indefinitely, these forest successions are proposed to be characterized as sustainable-restorative. Age succession is common in primary forests. Typical restoration successions occur in short-term or long-term forests with corresponding short-regeneration and long-regeneration successions. Sustainable-regenerative successions are characteristic of sustainable-derived forests. Irreversibly derived forests with irreversible successions require further study. We consider it relevant to further stereomatize forest successions based on the observed results and prospects of forest restoration processes.

Keywords: forest successions, reforestation, sustainability, derivative forests

Suggested citation: Mirsiyapov N.I., Glushko S.G., Singatullin I.K., Ivanov B.L. *Pirogennaya dinamika lesov v usloviyakh Respubliki Tatarstan* [Pyrogenic dynamics of forests in Tatarstan Republic]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2025, vol. 29, no. 5, pp. 22–34. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-5-22-34

References

- [1] Glushko S.G. *Informacionnaya sostavlyayushchaya lesnyh biogeosistem* [Information component of forest biogeosystems]. Kazan': Brig, 2020, 144 p.
- [2] Anuchin N.P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest taxation]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1982, 552 p.
- [3] Komarova T.A. *K voprosu o zakonomernostyakh vtorichnykh suksessiy v lesakh Yuzhnogo Sikhote-Alinya* [On the patterns of secondary successions in the forests of the South Sikhote-Alin]. *Dinamicheskie protsessy v lesakh Dal'nego Vostoka* [Dynamic processes in the forests of the Far East]. Vladivostok: Far Eastern Scientific Center, Academy of Sciences of the USSR, 1984, pp. 21–36.
- [4] Komarova T.A., Prokhorenko N.B., Glushko S.G., Terekhina N.V. *Poslepozharnye suksessii v lesakh Sikhote-Alinya s uchastiem Pinus koraiensis Siebold et Zucc. Metodologicheskie polozheniya i metodicheskie podkhody v ikh izuchenii* [Post-fire successions in the Sikhote-Alin forests with the participation of *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. Methodological provisions and methodological approaches in their study]. St. Petersburg: My Publishing House, 2017, 402 p.

- [5] Sukachev V.N. *Rastitelnye soobshestva (Vvedenie v fitosociologiyu)* [Plant communities (Introduction to phytosociology)]. Leningrad–Moscow: Book, 1928, 232 p.
- [6] Kolesnikov B.P. *Geneticheskiy etap v lesnoy tipologii i ego zadachi* [The genetic stage in the forest typology and its tasks]. Russian J. Forest Science, 1974, no. 2, pp. 3–20.
- [7] Kurentsova G.E. *Estestvennye i antropogennye smeny rastitelnosti Primorya i yuzhnogo Priamurya*. [Natural and anthropogenic changes in vegetation of Primorye and southern Amur region]. Novosibirsk: Nauka, 1973, 230 p.
- [8] Melekhov I.S. *Lesnaya tipologiya*. [Forest typology]. Moscow: MLTI, 1976, 73 p.
- [9] Gayanov A.G. *Lesa i lesnoe hozyaystvo Tatarstana*. [Forests and forestry of Tatarstan]. Kazan: Idel-Press, 2001, 235 p.
- [10] Kurnaeв S.F. *Lesorastitel'noe rayonirovanie podzony yuzhnoy taygi i khvoyno-shirokolistvennykh lesov evropeyskoy chasti SSSR* [Forest-growing zoning of the subzone of the southern taiga and coniferous-deciduous forests of the European part of the USSR]. Moscow: MLTI, 1958, 22 p.
- [11] Prokhorenko N.B., Komarova T.A., Glushko S.G. Postpyrogenic Successions in Oak–Korean Pine Schisandra–Hazel Forests in Sikhote-Alin. Contemporary Problems of Ecology, 2024, v. 17, no. 7, pp. 1042–1054. DOI 10.1134/S1995425524700781
- [12] Komarova T.A., Zhabyko E.V. *Sravnitel'nay ocenka ekologicheskoy tolerantnosti lesnykh rasteniy v raznykh regionakh Dal'nego Vostoka* [Comparative assessment of ecological tolerance of forest plants in different regions of the Far East]. Ekologiya, 2011, no. 5, pp. 344–350.
- [13] Sukachev V.N. *Programma i metodika biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [Program and methodology of biogeocenological studies]. Eds. V.N. Sukachev, N.V. Dyslis. Moscow: Nauka, 1966, 334 p.
- [14] Ramensky L.G. *Vvedenie v kompleksnoe pochvenno-geobotanicheskoe issledovanie zemel* [Introduction to a comprehensive soil-geobotanical study of land]. Moscow: Selkhozgiz, 1938, 620 p.
- [15] Rabotnov T.A. *Fitotsenologiya* [Phytocenology]. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1992, 352 p.
- [16] Sochava V.B. *Rastitelnye soobshestva i dinamika prirodnih sistem* [Plant communities and the dynamics of natural systems]. Dokl. instituta geografii Sibiri i Dalnego Vostoka [Doc. Institute of Geography of Siberia and the Far East], 1968, iss. 20, pp. 12–22.
- [17] Yakovlev A.S., Yakovlev I.A. *Dubravyy Srednego Povolzh'ya* [Oaklands of the Middle Volga]. Yoshkar-Ola: Mari State Technical University, 1999, 351 p.
- [18] Terinov N.N., Andreeva E.M., Zalesov S.V., Luganskiy N.A., Magasumova A.G. *Vosstanovlenie elovykh lesov: teoriya, otechestvennyy opyt i metody resheniya* [Restoration of Spruce Forests: Theory, National Practice and Problem Solving]. Russian Forestry J., 2020, no. 3, pp. 9–23.
- [19] Lepyohin A.A., Chekanyshkin A.S. *Rost i zhiznesposobnost' duba chereschatogo v izrezhennykh rubkami uhoda nasazhdeniyakh* [Growth and Vitality of English Oak in Plantations after Improvement Thinning]. Russian Forestry J., 2018, no. 6, pp. 70–77.
- [20] Grimme J.P. Plant strategies and vegetation processes, 1979, 222 p.
- [21] Dobrynin A.P. *Dubovyye lesa Rossiyskogo Dal'nego Vostoka (biologiya, geografiya, proiskhozhdeniya)* [Oak forests of the Russian Far East (biology, geography, origin)]. Tr. Botan. sadov DVO RAN. T. 3. [Proceedings of the Botanical Gardens of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, v. 3]. Vladivostok: Dalnauka, 2000, 260 p.
- [22] Greene D.F., Johnson E.A. Tree recruitment from burn edges. Canadian J. Forest Research, 2000, v. 30, no. 8, pp. 1264–1274.
- [23] Komarova T.A., Sibirina L.A., Lee D.K., Kan H.S. *Demutatsionnye sukcesii posle pozharov v lianovo-raznokustarnikovyykh shirokolistvenno-kedrovyykh lesakh Yuzhnogo Sikhote-Alinya* [Demutational successions after fires in liana-shrub broadleaf-cedar forests of the Southern Sikhote-Alin]. Forest Science, 2008, no. 4, pp. 10–19.
- [24] Komarova T.A., Terekhova N.V., Orekhova T.P. *Demutatsionnye sukcesii posle pozharov v lianovo-raznokustarnikovyykh shirokolistvenno-kedrovyykh lesakh Yuzhnogo Sikhote-Alinya* [Dormancy of viable seeds in the soil and their germination after fires in broadleaf-cedar forests of the Southern Sikhote-Alin]. Botanical J., 2021, v. 106, no. 3, pp. 255–271.
- [25] Clewell A.F., Aronson J. Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. Ecological Restoration, Second Edition. Island Press, 1718 Connecticut Avenue NW, Suite 300, Washington, DC 20009, 2013, 303 p.
- [26] Minnikhanov R.N., Musin K.G., Gafiyatov R.K., Gibadullin N.F. *Sistema vosproizvodstva i lesopol'zovaniya v malolessnykh regionakh Srednego Povolzh'ya* [System of reproduction and forest management in sparsely forested regions of the Middle Volga region]. Forestry, 2020, no. 1, pp. 55–63.
- [27] Kovalev A.P., Orlov A.M., Lashina E.V., Grishchenova Yu.A. *Sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya lesnykh resursov Primorskogo kraya* [Status and prospects of forest resources use in Primorsky Krai]. Siberian Forestry J., 2019, no. 5, pp. 15–21.
- [28] Melnik P.G., Vronskaya A.M. *Dinamika vidovoy i vozrastnoy struktury lesnogo fonda Nikol'skoy lesnoy dachi* [The dynamics of the species and age structure of the forest fund of the Nikolskaya forest dacha]. Lesa Evrazii — lesa Povolzh'ya: Materialy XVII Mezhdunar. konf. molodykh uchenykh, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya prof. G.F. Morozova, 95-letiyu Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta i Godu ekologii v Rossii, Kazan, 22–28 oktyabrya 2017 g. [Forests of Eurasia — Forests of the Volga Region: Materials of the XVII International Conf.] Moscow: Maska, 2017, pp. 82–84.
- [29] Mukhametshina A.R., Shaikhraziev S.S. *Izuchenie sostoyaniya el'nikov Respubliki Tatarstan* [Study of the state of spruce forests in the Republic of Tatarstan]. Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry, 2019, no. 2, pp. 71–79.
- [30] Sultanova R., Martynova M., Konashova S. Cutting practices in mature stands of *Tilia cordata* Mill. Central European Forestry J., 2020, v. 66, no. 3, pp. 151–158.
- [31] Gavrilova O.I., Gryazkin A.V. *Osobennosti samovozobnovleniya sosny na gari* [Pine selfregeneration in burnt forest area]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2022, vol. 26, no. 3, pp. 69–74. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-69-74

- [32] Krestov P.V., Korznikov K.A., Kislov D.E. *Glubokie izmeneniya nazemnykh ekosistem Rossii v XXI veke* [Profound Changes in Terrestrial Ecosystems in Russia in the 21st Century]. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2020, v. 90, no. 3, pp. 291–297.
- [33] Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. *Ecological Processes*, 2019, no.8, p. 47.
- [34] Uldanova R.A., Sabirov A.T. *Produktivnost' dubovykh nasazhdeniy pribrezhnykh territoriy reki Volgi* [Productivity of oak plantations in the coastal areas of the Volga River]. *Russian J. of Applied Ecology*, 2021, no. 3(27), pp. 11–22.
- [35] Puryaev A.S., Zaripov I.N., Petrov V.A. *Dubravyy Srednego Povolzh'ya: sostoyaniye, vosproizvodstvo i sohraneniye* [Oak groves of the Middle Volga region: condition, reproduction and preservation]. *Forestry information*, 2019, no. 3, pp. 190–198.
- [36] Johnstone J.F., Chapin F.S. Effects of soil burn severity on post-fire tree recruitment in boreal forest // *Ecosystems*, 2006, no. 9(1), pp. 14–31.

Authors' information

Mirsiyapov Nail' Il'yasovich — Assistant of the Kazan State Agrarian University, Nail.86@mail.ru
Glushko Sergey Gennad'evich ✉ — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Kazan State Agrarian University, glushkosg@mail.ru

Singatullin Irek Kiramovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Kazan State Agrarian University, betula2@mail.ru

Ivanov Boris Litta — Cand. Sci. (Technical), Associate Professor of the Kazan State Agrarian University, littab@mail.ru

Received 04.06.2025.

Approved after review 22.07.2025.

Accepted for publication 21.08.2025.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest