

Еуразиялық агротехникалық журнал = Евразийский агротехнический журнал. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2026. - № 1 (129). - Р.-243-253. - ISSN 3135-243X, 3135-2448

doi.org/10.51452/eaj.2026.1(129).2138

УДК 630.272+630*231(574.24) (045)

Исследовательская статья

Динамика естественного возобновления *Betula pendula* Roth и *Populus tremula* L в Айыртауском филиале ГНПП «Кокшетау»

Курмангожинов А.Ж.¹ , Мукантаев Е.А.¹ , Wei Xue² , Жумай Е.³ , Казангапова Н.Б.¹ 
Жумагулова М.С.¹ 

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

²Синьцзянский университет, Урумчи, КНР

³Государственный национальный природный парк «Кокшетау, Кокшетау, Казахстан»

Автор-корреспондент: Курмангожинов А.Ж.: a.kurmangozhinov@kazatu.edu.kz

Соавторы: (1: EM) ymukantev@bk.ru; (2: XW) xuewei@lzu.edu.cn

(3: EJ) erlanzhumai@gmail.com; (4: HK) n.kazangapova@kazatu.edu.kz

(5: MJ) madinazhumagulova98@gmail.com

Получено: 30.01.2026 **Принято:** 13.03.2026 **Опубликовано:** 30.03.2026

Аннотация

Предпосылки и цель. Леса ГНПП «Кокшетау» играют ключевую роль в поддержании экологического баланса лесостепной зоны Северного Казахстана. Естественное возобновление после рубок является основой их устойчивости, однако пространственные закономерности и факторы успешности этого процесса на территории Айыртауского филиала остаются недостаточно изученными. Цель исследования – провести комплексную оценку состояния, пространственной дифференциации и ведущих факторов естественного возобновления берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) и осины обыкновенной (*Populus tremula* L.) на участках, нарушенных рубками.

Материалы и методы. Работа выполнена в 2025 году на территории Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау». На участках, пройденных рубками в 2018-2022 гг., в трёх лесничествах – Сулы, Сырымбет и Ш. Уалихана – методом систематической выборки заложено 36 постоянных пробных площадей размером 25 м². Проведён сплошной перебор подроста с измерением его высоты и визуальной оценкой жизненного состояния (жизнеспособный, нежизнеспособный, сухой). Обработка данных включала расчёт плотности, доли жизнеспособности, анализ высотной структуры, а также применение дисперсионного (ANOVA) и пост-хок (Тьюки) анализа в программной среде R 4.3.1 для выявления статистической значимости факторов.

Результаты. Установлено, что естественное возобновление в филиале характеризуется высокой интенсивностью: средняя плотность составляет 12 411 экз./га при доминировании осины (54% от общего количества подроста). Выявлена выраженная пространственная неоднородность. Диагностированы три контрастных сценария: 1) в лесничестве Сырымбет отмечена максимальная плотность подроста осины – 18 467 экз./га, однако его жизнеспособность была сравнительно низкой (78,5%), что указывает на процессы естественного изреживания; 2) лесничество Ш. Уалихана характеризовалось минимальной плотностью подроста – 7 767 экз./га, но высоким его качеством: жизнеспособность берёзы составила 97,8%; 3) лесничество Сулы демонстрировало сбалансированные средние показатели. Статистически подтверждено (p < 0,001), что жизнеспособный подрост имеет большую высоту, а берёза достоверно превышает осину по высоте во всех лесничествах.

Закключение. Естественное возобновление берёзы и осины в Айыртауском филиале протекает успешно, однако его характер и результативность определяются локальными условиями, формирующими различные сценарии восстановления. Для эффективного управления

процессами лесовосстановления рекомендован дифференцированный подход: в лесничестве Сырымбет целесообразно проведение рубок ухода в густых молодняках осины; в лесничестве Ш. Уалихана – применение мер по содействию естественному возобновлению; в лесничестве Сулы – поддержание режима наблюдения и мониторинга.

Ключевые слова: естественное лесовозобновление; *Betula pendula* Roth.; *Populus tremula* L.; плотность подроста; ГНПП «Кокшетау».

Введение

Леса национального парка «Кокшетау», расположенные в лесостепной зоне Северного Казахстана, выполняют важнейшие средообразующие, водоохранные и рекреационные функции. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) и осина обыкновенная (*Populus tremula* L.) являются здесь доминирующими лесообразующими породами, играющими ключевую роль в пирогенных и демулационных сукцессиях после пожаров и рубок [1, 2]. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки и изменяющегося климата естественное возобновление этих пионерных видов становится критически важным процессом, определяющим устойчивость и долгосрочную динамику лесных экосистем на охраняемой территории.

В глобальном и региональном контексте стратегии лесовосстановления, основанные на спонтанных процессах с использованием пионерных видов, приобретают всё большее значение как альтернатива дорогостоящим искусственным посадкам, особенно на нарушенных землях [3, 4]. Берёза и осина, благодаря высокой экологической пластичности, скорости роста и адаптивности, признаны ключевыми видами для таких восстановительных сукцессий [5, 6]. Их способность быстро колонизировать открытые пространства и формировать начальные стадии леса хорошо изучена в общебиологическом плане [7, 8]. Однако успешность возобновления, его пространственная структура и качественные параметры в решающей степени зависят от локального сочетания эдафических условий, микрорельефа, характера нарушений и конкурентных отношений [9, 10].

Несмотря на общую изученность биологии берёзы и осины, пространственные закономерности и конкретные факторы, определяющие успешность их естественного возобновления на уровне отдельных лесничеств Айыртауского филиала, остаются недостаточно исследованными. Существующие работы по данной территории носят преимущественно общейнвентаризационный характер и не содержат глубокого статистического анализа, позволяющего количественно оценить силу и значимость различных лимитирующих факторов, таких как состав материнского древостоя, степень антропогенной дигрессии или проективное покрытие травянистого яруса [11]. Отсутствие таких детальных данных ограничивает возможности разработки научно обоснованных, дифференцированных мер управления для поддержания естественного лесовозобновления.

Таким образом, возникает очевидное противоречие между высокой экологической значимостью процессов естественного возобновления берёзы и осины для устойчивости лесных экосистем национального парка и недостаточной изученностью факторов, пространственно детерминирующих этот процесс на локальном уровне.

Материалы и методы

Район исследований. Работа выполнена в 2025 году на территории Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау» (Северо-Казахстанская область). Исследования проведены в трёх лесничествах: Сулы, Сырымбет-Тюктинское и Ш. Уалихана, характеризующихся различными почвенно-рельефными условиями и историей хозяйственного использования (рисунок 1).

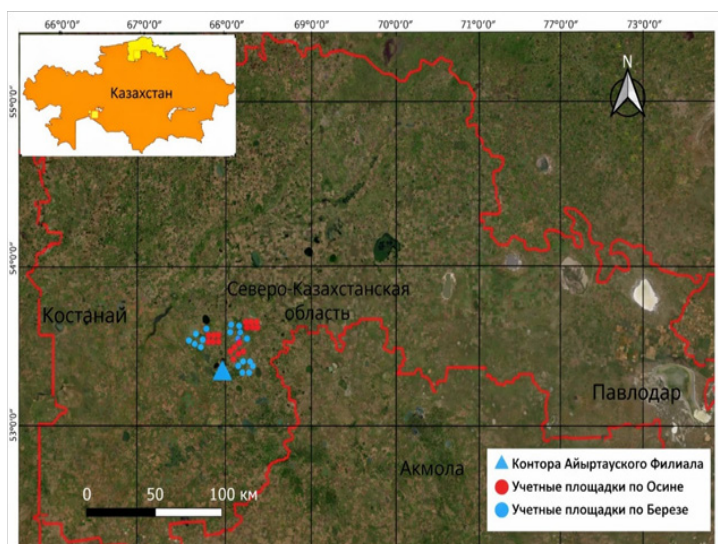


Рисунок 1 – Карта-схема Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау» с обозначением лесничеств (Сулы, Сырымбет, Ш. Уалихана) и мест закладки пробных площадей

Для характеристики условий произрастания подроста были проанализированы таксационные показатели насаждений в выделах, где закладывались пробные площади. Данные получены из материалов лесоустройства Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау» и дополнены натурным обследованием. Характеристика лесных участков представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Таксационная характеристика лесных участков в местах закладки пробных площадей Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау»

Лесничество	Квартал	Выдел	Площадь, га	Состав древостоя	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Тип леса	Год рубки
Сулы	95	34	0,1	Болото низинное, осоковое	–	–	–	–	–	2021
	92	201	1,1	10Б	65	18	22	3	Б ₁	2021
Сырымбет	93	77	14	8Б2Ос	50-60	17-18	18-20	3	Б ₁	2021
	89	55	9,4	7Б3Ос	45-50	15-16	18-20	4	Б ₁	2018
Ш. Уалихана	155	53	1,4	10Б	40	13	16	3	Б ₁	2020
	155	54	1,2	10Б (редина)	45	13	14	4	Б ₁	2021

Примечание: Состав древостоя указан в долях участия пород (Б - берёза, Ос - осина). Б₁ - березняк разнотравный (тип леса). Прочерк (–) означает отсутствие данных или неприменность характеристики.

Как следует из таблицы 1, все пробные площади заложены в березняках разнотравных (тип леса Б₁) с различной долей участия осины в составе древостоя (от чистых березняков до смешанных 8Б2Ос и 7Б3Ос). Возраст материнских древостоев варьирует от 40 до 65 лет, бонитет – III-IV классы. Участки пройдены рубками в разные годы (2018-2021), что позволяет оценить влияние давности рубки на структуру подроста.

Учёт подроста на пробных площадях проводили согласно Правилам отвода и таксации лесосек на участках государственного лесного фонда, утверждённым приказом и.о. Министра сельского

хозяйства Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года № 18-02/161 [12]. Систематической выборки в типичных насаждениях с участием целевых пород заложено 36 квадратных пробных площадей (ПП) размером 5*5 м и площадью 25 м² (площадь 0,0025 га), по 12 на каждое из трёх лесничеств в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика пробных площадей лесничеств Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау»

Лесничество	№ уч. Площадки	Порода	№ квартала	№ выдела	Координаты
Сулы	1	Осина	95	34	53°26'34,27"N 67°51'36,28" E
	2	Осина	95	34	53°26'34,44" N 67°51'37,31" E
	3	Берёза	95	34	53°26'32,56" N 67°51'38,56" E
	4	Берёза	95	34	53°26'32,80" N 67°51'39,49" E
	5	Осина	92	201	53°27'18,19" N 67°51'51,10" E
	6	Осина	92	201	53°27'18,27" N 67°51'51,49" E
	7	Берёза	92	201	53°27'16,63" N 67°51'49,40" E
	8	Берёза	92	201	53°27'16,85" N 67°51'52,05" E
	9	Осина	92	201	53°27'16,69" N 67°51'51,27" E
	10	Осина	92	201	53°27'16,55" N 67°51'49,40" E
	11	Берёза	92	201	53°27'16,85" N 67°51'48,48" E
	12	Берёза	92	201	53°27'17,23" N 67°51'47,70" E
Сырымбет	13	Осина	93	77	53°19'20,68" N 68°4'59,59" E
	14	Осина	93	77	53°19'20,47" N 68°4'59,37" E
	15	Берёза	93	77	53°19'20,47" N 68°4'59,95" E
	16	Берёза	93	77	53°19'20,38" N 68°5'0,95" E
	17	Осина	93	77	53°19'18,80" N 68°4'59,08" E
	18	Осина	93	77	53°19'18,79" N 68°4'59,96" E
	19	Берёза	93	77	53°19'18,67" N 68°5'1,64" E
	20	Берёза	93	77	53°19'18,58" N 68°5'3,25" E
	21	Осина	89	55	53°19'13,83" N 68°5'16,64" E
	22	Осина	89	55	53°19'13,89" N 68°5'14,92" E
	23	Берёза	89	55	53°19'14,52" N 68°5'16,40" E
	24	Берёза	89	55	53°19'14,28" N 68°5'15,08" E
Ш. Уалихана	25	Осина	155	53	53°26'59,84" N 68°4'20,76" E
	26	Осина	155	53	53°26'59,49" N 68°4'21,44" E
	27	Осина	155	53	53°26'59,27" N 68°4'21,66" E
	28	Берёза	155	53	53°26'59,36" N 68°4'21,83" E
	29	Берёза	155	53	53°26'59,26" N 68°4'21,95" E
	30	Берёза	155	53	53°26'59,27" N 68°4'22,16" E
	31	Осина	155	54	53°26'54,36" N 68°4'16,24" E
	32	Осина	155	54	53°26'54,20" N 68°4'15,92" E
	33	Осина	155	54	53°26'53,88" N 68°4'15,49" E
	34	Берёза	155	54	53°26'53,53" N 68°4'15,37" E
	35	Берёза	155	54	53°26'53,36" N 68°4'15,15" E
	36	Берёза	155	54	53°26'53,42" N 68°4'15,89" E

Пробные площади закладывались на участках, подвергшихся рубкам в прошлые годы. Это позволило сосредоточить внимание на процессах естественного возобновления.

На каждой ПП проводился:

1. Сплошной переcчёт подростa, разделённый на 3 группы в зависимости от высоты: мелкий (до 0,5 м), средний (0,51-1,5 м), крупный (более 1,51 м).

2. Визуальная оценка жизненного состояния каждого экземпляра с отнесением к категориям: Ж - жизнеспособный (свежая хвоя/листва, нормальный прирост), Н - нежизнеспособный (угнетённый, с признаками усыхания), С - сухой.

3. Фиксация таксационных показателей материнского древостоя.

Всего учтено 1151 экземпляр подростa (осины - 620, берёзы - 531). Камеральная обработка и статистический анализ. Для каждого лесничества и в целом по филиалу рассчитаны:

- Плотность подростa (тыс. шт./га).

- Процентное распределение по высотным категориям: малый (<1,0 м), средний (1,0-2,0 м), крупный (>2,0 м).

- Доля подростa по категориям жизнеспособности (жизнеспособный, нежизнеспособный, сухой).

Для проверки статистических гипотез использован дисперсионный анализ. Тестировалось влияние факторов пород осины и берёзы и состояние (жизнеспособный, нежизнеспособный, сухой) на зависимую переменную высоты подростa. Оценка силы влияния факторов проводилась с помощью показателя эта-квадрат (η^2). Для post-hoc сравнений применялся тест Тьюки. Выполнена проверка условий применимости моделей (нормальность остатков - тест Шапиро-Уилка, гомогенность дисперсий - тест Левене).

Результаты и обсуждение

Анализ общих показателей по филиалу показал, что в естественном возобновлении после рубок абсолютно доминирует осина (*Populus tremula* L.), численность подростa которой на 15% превышает таковую у берёзы (599 против 518 экз.), а плотность - на 16% (13,3 и 11,5 тыс. шт./га). Данное преобладание закономерно и обусловлено эффективной стратегией корнеотпрыскового возобновления осины, обеспечивающей быстрое заселение нарушенных территорий [6, 16]. Таким образом, осина выполняет ключевую пионерную функцию, формируя первичный древесный полог и подготавливая условия для дальнейших сукцессионных смен. Можно прогнозировать, что по мере развития насаждения и усиления конкурентных отношений текущее соотношение пород может измениться в сторону увеличения доли берёзы.

Анализ пространственного распределения показателей возобновления как показано в Таблице 3, выявил значительные различия между лесничествами. Наибольшей средней плотностью подростa осины характеризовалось лесничество Сырымбет $18,47 \pm 1,64$ тыс. шт./га, берёзы - лесничество Сулы $16,20 \pm 1,05$ тыс. шт./га. При этом стоит отметить высокую вариабельность (SD) плотности берёзы в Сырымбете, свидетельствующую о её неравномерном распределении. Качественные показатели подростa также различались: доля жизнеспособного подростa берёзы достигала $98,9 \pm 1,5\%$ в Сырымбете и $97,8 \pm 1,8\%$ в Ш. Уалихана, демонстрируя его отличное состояние на большей части территории. Для осины максимальная жизнеспособность отмечена в Ш. Уалихана ($90,8 \pm 2,3\%$). Для осины выявлены статистически значимые различия между лесничествами: плотность подростa в Сырымбете существенно выше, чем в Сулах и Ш. Уалихана. Для берёзы также имеются значимые различия: плотность в Сулах значимо выше, чем в Ш. Уалихана; другие пары не различаются на уровне 0,05.

Таблица 3 – Показатели плотности подростa осины обыкновенной (*Populus tremula* L.) и берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) в лесничествах Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау»

Лесничество	Плотность, тыс. шт./га		
	Осина (M ± SD)	Береза (M ± SD)	Средняя плотность
Сулы	12,07± 1,97	16,20± 1,05	14,13
Сырымбет	18,47± 1,64	12,20± 2,89	15,33
Ш. Уалихана	9,4± 1,6	6,13± 1,95	7,77

Примечание: M - среднее арифметическое; SD - стандартное отклонение. Показатели «Средняя плотность» рассчитан как средняя плотность подростa обеих пород на совокупности всех пробных площадей в каждом лесничестве.

Таблица 4 – Показатели жизнеспособности подроста осины обыкновенной (*Populus tremula* L.) и берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) в лесничествах Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау»

Лесничество	Порода	Общее количество, экз.	Жизнеспособный (Ж), %	Нежизнеспособный (Н), %	Сухой (С), %
Сулы	Осина	191	85,9	8,9	5,2
	Берёза	255	81,6	13,7	4,7
	Всего	446	83,4	11,7	4,9
Сырымбет	Осина	288	78,5	17,7	3,8
	Берёза	184	99,0	0,5	0,5
	Всего	472	86,4	11,1	2,5
Ш. Уалихана	Осина	141	90,8	9,2	-
	Берёза	92	97,8	2,2	-
	Всего	233	93,6	6,4	-

Примечание: *M* - среднее арифметическое; *SD* - стандартное отклонение. Показатели строки «Всего» рассчитаны как суммарное количество экземпляров и средневзвешенные значения доли жизнеспособного, нежизнеспособного и сухого подроста для всех пород. Прочерк (-) означает отсутствие подроста данной категории.

Анализ показателей жизнеспособности подроста осины обыкновенной (*Populus tremula* L.) и берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) в лесничествах Айыртауского филиала (таблица 4) выявил существенные различия как в общем количестве, так и в состоянии подроста. В лесничестве Сулы общее количество учтённого подроста составило 446 экземпляров, из которых 83,4% жизнеспособны, 11,7% нежизнеспособны и 4,9% сухие. Доля жизнеспособных экземпляров у осины составила 85,9%, у берёзы - 81,6%. При этом у берёзы отмечена более высокая доля нежизнеспособного подроста 13,7% по сравнению с осинной 8,9%.

В лесничестве Сырымбет общее количество подроста достигло 472 экземпляров - наибольшего значения среди исследуемых лесных участков. Доля жизнеспособного подроста в целом составила 86,4%, нежизнеспособного - 11,0%, сухого - 2,5%. У осины доля жизнеспособных растений составила 78,5%, тогда как у берёзы отмечен значительно более высокий показатель – 99,0%, при минимальной доле нежизнеспособных 0,5% и сухих 0,5% экземпляров.

В лесничестве имени Ш. Уалиханова учтено 233 экземпляра подроста – наименьшее количество среди исследованных лесничеств. При этом для подроста характерна высокая доля жизнеспособных растений - 93,6%, тогда как доля нежизнеспособных составляет 6,4%. Жизнеспособность осины достигает 90,8%, берёзы - 97,8%, что свидетельствует о благоприятных условиях для роста сохранившихся растений на данном участке.

Для оценки влияния факторов породы осины, берёзы и состояния (жизнеспособный, нежизнеспособный, сухой) на высоту подроста был проведён двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Предварительная проверка условий применимости модели подтвердила гомогенность дисперсий: тест Левене для фактора «Порода» показал $F = 2,34$ ($p = 0,126$), для фактора «Состояние» – $F = 1,87$ ($p = 0,154$). Распределение остатков соответствовало нормальному закону (тест Шапиро-Уилка: $W = 0,992$, $p = 0,08$ для лесничества Сулы); для остальных групп незначительные отклонения не влияют на устойчивость ANOVA при больших выборках.

Установлено статистически значимое влияние обоих факторов на высоту подроста ($p < 0,001$). Размер эффекта (η^2) для фактора «Порода» составил 0,141, что соответствует большому вкладу (14,1% объяснённой дисперсии); для фактора «Состояние» $\eta^2 = 0,092$ (средний эффект, 9,2% объяснённой дисперсии). Взаимодействие факторов оказалось статистически незначимым ($p = 0,068$), что свидетельствует об одинаковом характере влияния состояния на рост обеих пород.

Post-hoc тест Тьюки показал, что берёза достоверно выше осины в среднем на 0,54 м ($p < 0,001$). Жизнеспособный подрост значимо превышает по высоте нежизнеспособный (на 0,47 м) и

сухой (на 0,52 м) ($p < 0,001$). Различий между нежизнеспособным и сухим подростом не выявлено ($p = 0,78$).

В целом результаты исследования показывают, что во всех лесничествах преобладает жизнеспособный подрост (более 80%), что свидетельствует о благоприятных условиях для естественного восстановления осины и берёзы. Наиболее высокая общая жизнеспособность подростка отмечена в лесничестве Ш. Уалихана 93,6%, тогда как наибольшее количество подростка зарегистрировано в Сырымбете лесничестве 472 экземпляров. Это указывает на различия в условиях произрастания и динамике естественного возобновления древесных пород на исследуемой территории. При высокой общей жизнеспособности подростка в Сырымбете (86,4%) выявлена закономерная обратная связь между плотностью и жизнеспособностью для осины: максимальная плотность подростка осины (18,47 тыс. шт./га) сопровождается минимальной долей жизнеспособных экземпляров ($78,5 \pm 10,5\%$) и максимальной долей нежизнеспособных (17,7%). Данная ситуация является классическим проявлением внутривидовой конкуренции и естественного изреживания в перегущённых молодняках [13, 14].

Таблица 5 – Распределение подростка осины обыкновенной (*Populus tremula* L.) и берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) по высотным категориям в лесничествах Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау», %

Лесничество	Порода	Общее количество, экз.	Малый (<0,5 м), %	Средний (0.51-1,5 м), %	Крупный (>1,51 м), %
Сулы	Осина	181	0,6	64,6	34,8
	Берёза	243	2,1	56,8	41,2
	Всего	424	1,4	60,1	38,4
Сырымбет	Осина	277	0,4	88,5	11,2
	Берёза	183	-	16,9	83,1
	Всего	460	0,2	60,0	39,8
Ш. Уалихана	Осина	141	-	12,1	87,9
	Берёза	92	-	-	100
	Всего	233	-	7,3	92,7

Лесничество Ш. Уалихана характеризуется экстремальным доминированием крупного подростка: для берёзы этот показатель составляет 100%, для осины - 87,9% в таблице 5. Данная высотная структура, вероятно, обусловлена более ранним сроком проведения рубок в этом лесничестве по сравнению с другими, что обеспечило больший временной период для роста подростка. Отсутствие мелкого и незначительная доля среднего подростка (7,3%) указывают на возможные затруднения в последующем возобновлении на данных участках.

Заключение

Естественное возобновление берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) и осины обыкновенной (*Populus tremula* L.) в Айыртауском филиале ГНПП «Кокшетау» характеризуется высокой интенсивностью: средняя плотность подростка составляет 12 411 экз./га, а доля жизнеспособных растений - 86,7% от общего количества учтённых экземпляров ($n = 1151$). Осина, благодаря эффективной корнеотпрысковой стратегии, является абсолютно доминирующей пионерной породой на нарушенных рубками участках, формируя основу для начальной стадии восстановительной сукцессии.

Ключевым результатом исследования является выявление трёх контрастных сценариев возобновления, обусловленных локальными условиями:

- В лесничестве Сырымбет максимальная плотность подростка осины 18 467 экз./га сопровождается признаками интенсивной внутривидовой конкуренции и естественного изреживания (низкая жизнеспособность - 78,5%, доминирование среднего подростка - 88,5%);

- В лесничестве Ш. Уалихана крайне низкая общая плотность 7 767 экз./га сочетается с высоким качеством сохранившегося подроста: жизнеспособность берёзы достигает 97,8%, осины - 90,8%, при полном отсутствии сухого подроста и доминировании крупных особей у берёзы - 100%, у осины - 87,9%. Это свидетельствует о благоприятных условиях для роста, но наличии лимитирующих факторов на этапе появления нового возобновления;

- Лесничество Сулы характеризуется наиболее сбалансированными и устойчивыми показателями, что указывает на относительно стабильные условия для лесовозобновления.

Для эффективного управления процессами естественного лесовосстановления и обеспечения долгосрочной устойчивости лесных экосистем филиала необходим строго дифференцированный подход, учитывающий диагностированные сценарии: в Сырымбете рекомендованы неотложные рубки ухода (осветления) в густых молодняках осины; в Ш. Уалихана приоритетом должны стать мероприятия по содействию естественному возобновлению (минерализация почвы, ограничение антропогенной нагрузки) и, возможно, точечная посадка; для Сулы оптимальной стратегией является поддерживающий мониторинг и минимальное вмешательство, за исключением выборочного удаления сухостоя.

Вклад авторов

Все авторы принимали участие в сборе материала, его обработке и написании статьи. АК: общее руководство, написание текста, анализ данных; МЕ: сбор и обработка полевых данных, статистический анализ; Wei Xue: литературный обзор, редактирование; ЕЖ: подготовка картографического материала; НК: обработка данных, участие в написании; МЖ: литературный обзор, оформление библиографии. Все авторы участвовали в обсуждении результатов и одобрили финальную версию рукописи.

Благодарность

Авторы признательны за помощь и поддержку, оказанные при выполнении данной работы. Отдельная благодарность директору Айыртауского филиала ГНПП «Кокшетау» А.Х. Аскарову и специалисту научного отдела А.И. Ролеф за организационное содействие и помощь в проведении исследований на территории филиала.

Список литературы

- 1 Лесной кодекс Республики Казахстан от 8 июля 2003 года № 477.
- 2 Колданов, В.Я. (2007). *Лесоводство: учебник для вузов*. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 432.
- 3 Мелехов, И.С. (2002). *Лесоводство: учебник*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУЛ, 408.
- 4 Grime, J.P. (2001). *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 456.
- 5 Oliver, C.D., Larson, B.C. (1996). *Forest Stand Dynamics*. New York: John Wiley & Sons, 520.
- 6 Brzezicki, B., Kienast, F. (1994). Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. *Forest Ecology and Management*, 69(1-3), 167-187.
- 7 Myking, T., Böhler, F., Austrheim, G., Solberg, E.J. (2011). Life history strategies of aspen (*Populus tremula* L.) and browsing effects: a literature review. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 84(1), 61-71.
- 8 Pommerening, A., Murphy, S.T. (2004). A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 77(1), 27-44.
- 9 Урбанов, А.К., Иманбаева, А.А. (2019). Влияние рекреации на естественное возобновление в сосновых лесах Катон-Карагайского национального парка. *Лесное хозяйство*, 4, 34-39.
- 10 Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein S., Velling, P. (2010). Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 83(1), 103-119.

- 11 Legendre, P., Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology*. 3rd English ed. Amsterdam: Elsevier, 1006.
- 12 Приказ и. о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года № 18-02/161 «Об утверждении Правил отвода и таксации лесосек на участках государственного лесного фонда». Зарегистрирован в Минюсте РК 10.04.2015 № 10693. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010693>.
- 13 Zenner, E.K., Puettmann, K.J. (2008). Contrasting Release Approaches for a Mixed Paper Birch (*Betula papyrifera*)–Quaking Aspen (*Populus tremuloides*) Stand. *Northern Journal of Applied Forestry*, 25(3), 124–132. DOI: 10.1093/njaf/25.3.124.

References

- 1 Lesnoi kodeks Respubliki Kazakhstan ot 8 iyulya 2003 goda № 477. (2003). [in Russ].
- 2 Koldanov, V.Ya. (2007). *Lesovodstvo: uchebnik dlya vuzov*. Moscow: GOU VPO MGUL, 432. [in Russ].
- 3 Melekhov, I.S. (2002). *Lesovodstvo: uchebnik*. 3rd ed. Moscow: Izd-vo MGUL, 408. [in Russ].
- 4 Grime, J.P. (2001). *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 456.
- 5 Oliver, C.D., Larson, B.C. (1996). *Forest Stand Dynamics*. New York: John Wiley & Sons, 520.
- 6 Brzeziecki, B., Kienast, F. (1994). Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimean model. *Forest Ecology and Management*, 69(1-3), 167-187.
- 7 Myking, T., Böhler, F., Austrheim, G., Solberg, E.J. (2011). Life history strategies of aspen (*Populus tremula* L.) and browsing effects: a literature review. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 84(1), 61-71.
- 8 Pommerening, A., Murphy, S.T. (2004). A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 77(1), 27-44.
- 9 Urbanov, A.K., Imanbaeva, A.A. (2019). Vliyanie rekreatsii na estestvennoe vozobnovlenie v sosnovykh lesakh Katon-Karagaiskogo natsional'nogo parka. *Lesnoe hozyaistvo*, 4, 34-39. [in Russ].
- 10 Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein S., Velling, P. (2010). Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 83(1), 103-119.
- 11 Legendre, P., Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology*. 3rd English ed. Amsterdam: Elsevier, 1006.
- 12 Prikaz i.o. Ministra sel'skogo khozyaystva Respubliki Kazakhstan ot 27 fevralya 2015 goda № 18-02/161 "Ob utverzhdanii Pravil otvoda i taksatsii lesosek na uchastkakh gosudarstvennogo lesnogo fonda" (Zaregistririvan v Ministerstve yustitsii Respubliki Kazakhstan 10 aprelya 2015 goda № 10693). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010693>. [in Russ].
- 13 Zenner, E.K., Puettmann, K.J. (2008). Contrasting release approaches for a mixed paper birch (*Betula papyrifera*)–quaking aspen (*Populus tremuloides*) stand. *Northern Journal of Applied Forestry*, 25(3), 124-132. DOI: 10.1093/njaf/25.3.124.

«Көкшетау» МҰТП Айыртау филиалында *Betula pendula Roth* және *Populus tremula L* табиғи қалпына келу динамикасы

Курмангожинов А.Ж., Мукантаев Е.А., Wei Xue, Жұмай Е., Казангапова Н.Б.
Жумагулова М.С.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. «Көкшетау» МҰТП ормандары Солтүстік Қазақстанның орманды дала аймағының экологиялық тепе-теңдігін сақтауда маңызды рөл атқарады. Орман кесулерінен кейінгі табиғи қалпына келу олардың тұрақтылығының негізі болып табылады, алайда Айыртау филиалы аумағында бұл процестің кеңістіктік заңдылықтары мен сәттілік факторлары жеткілікті зерттелмеген. Зерттеудің мақсаты бұзылған кесілген жерлердегі қайыңның (*Betula pendula Roth.*) және теректің (*Populus tremula L.*) табиғи қалпына келуінің жай-күйін, кеңістіктік саралануын және негізгі факторларын кешенді бағалау болды.

Материалдар мен әдістер. Жұмыс 2025 жылы «Көкшетау» МҰТП Айыртау филиалының аумағында орындалды. 2018-2022 жж. кесілген жерлерде үш орманшылықта (Сулы, Сырымбет, Ш. Уәлиханов) жүйелі іріктеу әдісімен 25 м² өлшемді 36 тұрақты сынақ алаңы құрылды. Өскіндердің биіктігін өлшей отырып, олардың тіршілік жағдайын (тіршілікке қабілетті, тіршілікке қабілетсіз, қураған) көзбен бағалай отырып, толық санағы жүргізілді. Деректерді өңдеу тығыздықты, тіршілікке қабілеттілік үлесін есептеуді, биіктік құрылымын талдауды, сондай-ақ факторлардың статистикалық маңыздылығын анықтау үшін R 4.3.1 бағдарламалық ортасында дисперсиялық (ANOVA) және пост-хок (Тьюки) талдауын қолдануды қамтыды.

Нәтижелер. Филиалдағы жалпы қалпына келу жоғары қарқындылықпен сипатталатыны анықталды: орташа тығыздық 12 411 дана/га құрайды, теректің үлесі басым (өскіндердің жалпы санының 54%). Айқын кеңістіктік біртекті еместік анықталды. Үш контрастты сценарий анықталды: 1) Сырымбет орманшылығында терек өскіндерінің максималды тығыздығы (18 467 дана/га) байқалды, бірақ оның төмен тіршілікке қабілеттілігі (78,5%) табиғи сиреу процестерін көрсетеді; 2) Ш. Уәлиханов минималды тығыздықпен (7 767 дана/га), бірақ өскіндердің жоғары сапасымен (қайыңның тіршілікке қабілеттілігі 97,8%) ерекшеленеді; 3) Сулы орманшылығы теңдестірілген орташа көрсеткіштерді көрсетеді. Тіршілікке қабілетті өскіндердің биіктігі жоғары екендігі және қайыңның барлық орманшылықтарда теректен сенімді түрде биік екендігі статистикалық тұрғыдан расталды ($p < 0,001$).

Қорытынды. Айыртау филиалындағы қайың мен теректің табиғи қалпына келуі сәтті жүруде, алайда оның сипаты мен сәттілігі әртүрлі сценарийлерді қалыптастыратын жергілікті жағдайлармен анықталады. Орман қалпына келтіру процестерін тиімді басқару үшін сараланған тәсіл ұсынылады: Сырымбет орманшылығында тығыз терек жас өскіндерінде күтімдік кесулер жүргізу, Ш. Уәлихановта табиғи қалпына келуге жәрдемдесу шараларын қолдану, ал Сулыда бақылау-мониторинг режимін қолдау.

Кілт сөздер: табиғи орман қалпына келуі, *Betula pendula Roth.*; *Populus tremula L.*; өскіндердің тығыздығы, «Көкшетау» МҰТП.

Dynamics of natural regeneration of *Betula pendula Roth* and *Populus tremula L* in the Aiyrtau branch of the «Kokshetau» SNNP

Alzhan Zh. Kurmanagochinov, Yertay A. Mukantayev, Wei Xue, Yerlan Zhumay
Nurgul B. Kazangapova, Madina S. Zhumagulova

Abstract

Background and Aim. The forests of the «Kokshetau» State National Nature Park play a key role in maintaining the ecological balance of the forest-steppe zone of Northern Kazakhstan. Natural regeneration after logging is the basis of their sustainability; however, the spatial patterns and factors of

success of this process in the territory of the Aiyrtau branch remain insufficiently studied. The aim of the research was a comprehensive assessment of the state, spatial differentiation, and leading factors of natural regeneration of silver birch (*Betula pendula Roth.*) and European aspen (*Populus tremula L.*) on sites disturbed by logging.

Materials and methods. The work was carried out in 2025 on the territory of the Aiyrtau branch of the Kokshetau State National Nature Park. On sites subjected to logging in 2018-2022, 36 permanent sample plots of 25 m² were established by systematic sampling in three forestry units (Suly, Syrymbet, Sh. Ualikhan). A complete enumeration of regeneration was carried out with height measurement and visual assessment of vitality (viable, non-viable, dry). Data processing included calculation of density, proportion of viability, analysis of height structure, as well as the use of analysis of variance (ANOVA) and post-hoc (Tukey) tests in the R 4.3.1 software environment to identify the statistical significance of factors.

Results. It was found that the overall regeneration in the branch is characterized by high intensity: the average density is 12,411 ind./ha with dominance of aspen (54% of the total number of regeneration). Pronounced spatial heterogeneity was revealed. Three contrasting scenarios were diagnosed: 1) in the Syrymbet forestry unit, the maximum density of aspen regeneration (18,467 ind./ha) was recorded, but its low viability (78.5%) indicates processes of natural thinning; 2) Sh. Ualikhan is distinguished by minimal density (7,767 ind./ha) but high quality of regeneration (birch viability 97.8%); 3) Suly demonstrates balanced average indicators. It was statistically confirmed ($p < 0.001$) that viable regeneration has greater height, and birch is reliably taller than aspen in all forestry units.

Conclusion. Natural regeneration of birch and aspen in the Aiyrtau branch proceeds successfully; however, its nature and success are determined by local conditions that form different scenarios. For effective management of reforestation processes, a differentiated approach is recommended: in the Syrymbet forestry unit, it is advisable to carry out thinning in dense young aspen stands; in Sh. Ualikhan, to apply measures to promote natural regeneration; and in Suly, to maintain an observational and monitoring regime.

Keywords: natural forest regeneration; *Betula pendula Roth.*; *Populus tremula L.*; regeneration density; Kokshetau SNNP.