

**ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,  
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,  
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION**

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.13>

**ИЗУЧЕНИЕ ПОДРОСТА В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА**

Научная статья

**Кабанов М.Н.<sup>1</sup>, Данченко М.А.<sup>2,\*</sup>, Кабанов А.Н.<sup>3</sup>, Кабанова С.А.<sup>4</sup>, Скотт С.А.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-1885-5050;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-5974-9556;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-3199-543X;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-3117-7381;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-2029-8938;

<sup>1, 2</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация

<sup>3</sup> Государственный национальный природный парк «Бурабай», Бурабай, Казахстан

<sup>4</sup> Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, Астана, Казахстан

<sup>5</sup> Государственный Университет Огайо, Колумбус, Соединенные Штаты Америки

\* Корреспондирующий автор (mtd2005[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Сосновые леса Казахского мелкосопочника испытывают сильную рекреационную нагрузку, в них практически нет естественного возобновления, что влияет на постепенную деградацию и гибель сосновых боров. Для их восстановления необходимо достаточное количество естественного возобновления, но по данным лесоустройства, обеспеченность подростом в сосновых насаждениях ГНПП «Бурабай» составляет 0,9%, в березовых лесах — 1,6%. Объектами исследований являлись всходы, однолетние сеянцы и подрост сосны обыкновенной в Бармашинском лесничестве ГНПП «Бурабай». Основным методом сбора экспериментальных данных являлось полевое обследование насаждений на временных пробных площадях. Цель исследований заключалась в изучении естественного возобновления сосны обыкновенной в лесах различных типов леса и плотности. Выявлено, что в различных типах леса происходит естественное возобновление разной интенсивности и наибольшее среднее количество молодых деревьев наблюдалось во влажном типе леса, а наибольшее число всходов — в очень сухих условиях произрастания. Корреляционная связь между плотностью насаждения и высотой подроста показывает, что при увеличении плотности леса уменьшается высота подроста. Возможные причины отрицательной связи между плотностью насаждения и приростом подроста заключаются в конкуренции за ресурсы в высокоплотных лесах. Вычисленный t-критерий подтвердил, что количество подроста зависит от плотности леса, что еще раз подчеркивает необходимость снижения плотности для получения жизнеспособного возобновления. Сильная корреляция подтверждает, что на возникновение и выживание подроста большое влияние оказывает средняя температура воздуха в течение вегетационного периода.

**Ключевые слова:** подрост сосны обыкновенной, естественное возобновление сосновых лесов, особо охраняемые природные территории.

**STUDY OF THE UNDERGROWTH OF PINE FORESTS IN THE KAZAKH HILLOCKY AREA**

Research article

**Kabanov M.N.<sup>1</sup>, Danchenko M.A.<sup>2,\*</sup>, Kabanov A.N.<sup>3</sup>, Kabanova S.A.<sup>4</sup>, Scott S.A.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-1885-5050;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0002-5974-9556;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-3199-543X;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-3117-7381;

<sup>5</sup> ORCID : 0000-0002-2029-8938;

<sup>1, 2</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

<sup>3</sup> Burabay State National Nature Park, Burabay, Kazakhstan

<sup>4</sup> S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan

<sup>5</sup> The Ohio State University, Columbus, USA

\* Corresponding author (mtd2005[at]yandex.ru)

**Abstract**

The pine forests of the Kazakh hillocky area are subject to heavy recreational load, and there is virtually no natural regeneration, which contributes to the gradual degradation and death of pine forests. Sufficient natural regeneration is necessary for their restoration, but according to forest management data, the provision of undergrowth in the pine stands of the "Burabay" State National Natural Park is 0.9%, and in birch forests — 1.6%. The objects of the study were sproutings, one-year-old seedlings and undergrowth of Scots pine in the Barmashinsk Forestry of the "Burabay" State National Natural Park. The main method of collecting experimental data was a field survey of plantations on temporary sample plots. The aim of the study was to examine the natural regeneration of Scots pine in forests of various types and densities. It was found that natural regeneration occurs with varying intensity in different forest types, with the highest average number of young trees observed in

moist forest types and the highest number of seedlings in very dry growing conditions. The correlation between stand density and undergrowth height shows that as forest density increases, undergrowth height decreases. Possible reasons for the negative relationship between stand density and undergrowth growth include competition for resources in high-density forests. The calculated t-test confirmed that the amount of undergrowth depends on forest density, which once again emphasises the need to reduce density in order to achieve viable regeneration. The strong correlation highlights that the average air temperature during the growing season has a significant impact on the emergence and survival of undergrowth.

**Keywords:** Scots pine undergrowth, natural regeneration of pine forests, specially protected natural areas.

## Введение

Государственный национальный природный парк «Бурабай» является популярным местом отдыха, что приводит к значительным рекреационным нагрузкам на его экосистему, особенно на сосновые боры, которые занимают 68% территории и расположены в основных местах отдыха населения [1].

В рекреационных лесах Боровского массива до 10–15% насаждений находятся в стадии деградации, 36% испытывают критические перегрузки. В наиболее часто посещаемых сосновых лесах вытаптываются всходы, самосев и подрост, уплотняется грунт, оголяются корни взрослых деревьев. Как следствие, практически нет естественного возобновления и по достижении возраста спелости и распада насаждения его не заменит благонадежный подрост. Все это в большой мере влияет на постепенную деградацию и гибель сосновых боров. Для их восстановления необходимо достаточное количество естественного возобновления, но по данным лесоустройства, обеспеченность подростом в сосновых насаждениях ГНПП составляет 0,9%, в березовых лесах — 1,6%. Состояние осиновых лесов еще более критичное — естественное возобновление практически отсутствует.

Общеизвестно, что при естественном лесовозобновлении молодое поколение леса, растущее под пологом, защищено от экстремальных климатических факторов и находится в более благоприятном микроклимате [2] по сравнению с последующими лесными культурами. На возникновение подроста негативно влияют пожары [3], вредители и болезни [4] и отсутствие рубок леса различной интенсивности, которые запрещены на особо охраняемых территориях Казахстана [5]. Отсутствие рубок приводит к постепенному старению насаждений, в сосновых лесах ГНПП около 30% занимают приспевающие, спелые и перестойные насаждения, всего 5% площади занимают молодняки. В березовых лесах более 50% площади занимают леса старших возрастов, молодняков — около 10%. Многими авторами подтверждается необходимость проведения рубок для естественного возобновления и омоложения лесов [6], [8], [9], [10]. После проведения рубок леса происходит снижение полноты насаждения, что является эффективным способом ускорить процесс восстановления [11], [12], а также увеличивается освещенность, что является жизненной необходимостью молодому поколению леса, особенно для светолюбивых пород [13], [14], [15], [16].

Сосновые и березовые леса являются ключевыми экосистемами ГНПП «Бурабай» и играют важную роль в поддержании биоразнообразия региона. Чтобы не допустить распада уникальных сосновых боров, необходимо разработать мероприятия по содействию естественному возобновлению. Для этого нужно изучить современное состояние соснового подроста и его жизнеспособность. Поэтому цель исследований вытекает из актуальности исследований и заключается в изучении естественного возобновления сосны обыкновенной в лесах различных типов леса и полноты.

## Методы и объекты исследования

Характерной особенностью природных условий ГНПП «Бурабай» является засушливость и резкая континентальность климата с суровыми продолжительными и малоснежными зимами, с ветрами и резкими сменами температур не только по временам года, но и в пределах суток. Лесорастительный район является влагодефицитным. Анализ многолетних метеорологических данных показывает, что для произрастания древесной растительности климат является очень жестким и все же он пригоден для произрастания таких лесообразующих пород как сосна, береза, осина. На местный климат оказывает влияние облесённость территории, наличие озёр, рельеф местности и т.д., что несколько смягчает летнюю жару и сухость воздуха. Лесные массивы способствуют более раннему установлению снежного покрова и более позднему его сходу, что в некоторой степени смягчает континентальность климата.

Объектами исследований являлись всходы, однолетние сеянцы и подрост сосны обыкновенной в Бармашинском лесничестве ГНПП «Бурабай». В статье представлены результаты исследований, проведенные в 2024 году. Основным методом сбора экспериментальных данных являлось полевое обследование насаждений на временных пробных площадях, которые закладывались в виде квадрата со сторонами 20 м, на которых проводился сплошной перечет всходов, самосева и подроста с разделением их по ступеням высоты. В каждом типе леса закладывалось по 10 пробных площадей. Учитывался, в основном, подрост сосны обыкновенной, т.к. она является главной лесообразующей породой ГНПП «Бурабай». Пробы закладывались в типичных древостоих возрастом от 80 до 130 лет в различных типах леса: очень сухие сосняки (С1), сухие сосняки (С2), свежие сосняки (С3), влажные сосняки (С4) [17].

В основу исследований положены общепринятые методические указания и руководства по изучению естественного возобновления леса [18], [19]. Подрост разделялся на 6 высотных групп: до 10 см; 11–25 см; 25–50 см; 50–100 см; 101–150 см; 151 и более см. Отдельно учитывалось число всходов и однолетних сеянцев как наиболее уязвимых для неблагоприятных факторов среди и склонных к массовым выпадам. По качественным признакам подрост определялся с разделением его на две категории: здоровый и угнетенный. Здоровый подрост имел густое охвоение, островершинную или конусообразную симметричную крону протяженностью не менее 1/3 ствола с приростом по высоте за последние 3–5 лет, прямой неповрежденный стволик. Угнетенный подрост имел признаки

неудовлетворительного качества. Учитывались механические повреждения и признаки заболеваний или повреждения вредителями.

### Основные результаты и обсуждение

В таблице 1 приведено среднее количество подроста в пересчете на 1 га, под лимитами подразумевается его минимальное и максимальное значение на пробных площадях.

Таблица 1 - Качественные показатели подроста сосны обыкновенной

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.13.1>

Тип леса	Среднее число подроста на п.п., шт/га	Лимиты количества подроста на п.п., шт/га	Количество здоровых деревьев, %	Среднее число всходов и однолеток, шт/п.п.
C1	1962,2±0,4	600-3100	3,6	564,3±0,3
C2	1466,6±0,4	600-3000	12,0	288,2±0,5
C3	1845,4±0,6	600-3600	22,7	179,4±0,2
C4	2366,3±0,4	1200-3900	31,9	106,1±0,2

Очень сухой тип леса С1 характеризуется большим количеством всходов, но низкой долей здорового подроста — 3,6%. Возможно, в этом типе леса наблюдаются проблемы с почвенными условиями или повышенная конкуренция со стороны взрослых растений. Сухой тип леса С2 имеет средние показатели по количеству подроста и доле здоровых деревьев. Тип С3 характеризуется большим количеством подроста и удовлетворительной долей здоровых деревьев. Влажный тип леса С4 имеет наибольшую долю здоровых деревьев (31,9%), что свидетельствует о благоприятных условиях для роста подроста сосны в этом типе леса.

Число всходов и однолеток во всех типах лесах незначительно, кроме очень сухих условий произрастания. Но судя по многолетним наблюдениям сотрудников ГНПП «Бурабай», на следующий год после учета всходов число однолетних сеянцев значительно уменьшается и составляет 1–2 штуки на пробном участке. Можно предположить, что в сухом типе леса было много всходов из-за рекреационной составляющей, т.к. в лесу грибники активно собирали грузди, тем самым минерализуя почву.

Представленный график (рисунок 1) демонстрирует распределение подроста сосны обыкновенной по различным высотным классам в четырех типах леса. Основное количество подроста встречается в категории градации высоты — от 10 до 50 см, причем на ступень 21–50 см приходится 37% от общего числа подроста. Более высокого подроста встречается очень мало — в ступени 51–100 см — 11%, в ступени 101–150 см — 3%. Наблюдаются существенные различия в распределении подроста по высоте между различными типами лесов. Это свидетельствует о том, что условия произрастания в них существенно различаются, что, в свою очередь, оказывает влияние на рост и развитие молодых сосен. Выявлено доминирование определенных высотных классов: в типе леса С1 наблюдается наибольшее количество низкорослого подроста (до 10 см), а в типе леса С4 — высокорослого подроста (более 101 см). Распределение подроста по высотным классам носит неравномерный характер. В некоторых типах лесов наблюдается резкое преобладание определенных высотных классов, в других — более равномерное распределение. Следовательно, различия в почвенных условиях, освещенности, влажности и других экологических факторах могут оказывать существенное влияние на рост и развитие подроста.

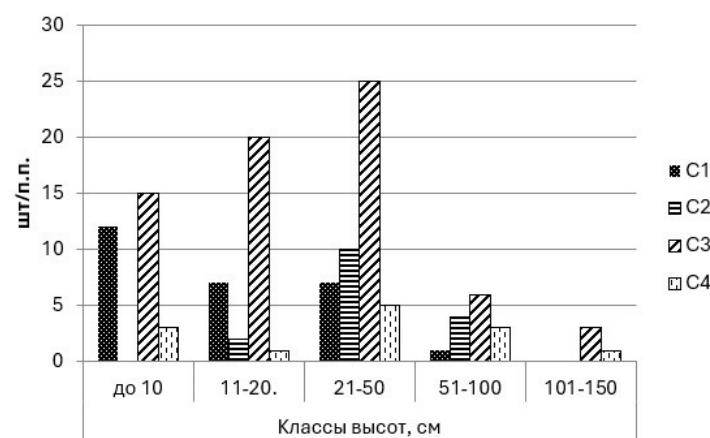


Рисунок 1 - Распределение подроста сосны обыкновенной по классам высот в различных типах леса  
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.13.2>

Наблюдения за развитием подроста на пробных площадях выявили, что средний возраст подроста составлял 7,2 года, в основном, возраст деревьев колебался от 5 до 8 лет. В 2024 году прирост подроста изменялся в пределах 0,5–8,0 см, на некоторых деревьях прироста не было. Наибольшим приростом отличался подрост во влажном типе леса — в среднем 5,2 см, наименьшим — в очень сухих условиях — 1,1 см.

В таблице 2 приведено число молодого поколения сосны обыкновенной в лесах различной полноты. Наибольшее количество подроста наблюдалось в сильно изреженных сосняках с полнотой 0,3, наименьшее — в загущенных лесах.

Таблица 2 - Число подроста сосны обыкновенной в разнополнотных лесах

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.13.3>

Полнота	Всходы, шт/га	Число подроста, шт/га		
		здоровые	угнетенные	всего
0,9	216	68	754	822
0,7	137	123	1017	1140
0,6	179	117	1349	1466
0,5	106	178	1667	1845
0,3	499	162	2204	2366

Выполнен корреляционный анализ зависимости высоты и прироста подроста от полноты древостоя (таблица 3).

Таблица 3 - Корреляционная матрица взаимосвязи между полнотой леса и количественными признаками подроста

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.13.4>

Показатели	Признаки		
	полнота	высота	прирост
полнота	1,00	-0,44	-0,22
высота	-0,44	1,00	0,62
прирост	-0,22	0,62	1,00

Значительным коэффициентом корреляции (0,62) отличается связь высоты и прироста, причем теснота связи — положительная. Корреляционная связь между полнотой насаждения и высотой подроста показывает, что при увеличении полноты уменьшается высота подроста. Коэффициент корреляции между полнотой и приростом равен -0,22, это означает, что с увеличением полноты леса его прирост, как правило, уменьшается. Вычисленный t-критерий показал, что количество подроста зависит от полноты леса  $F_{\text{выч}} = 2,39 < F_{\text{фак}} = 2,69$ , а  $p < 0,005$ .

Корреляционный анализ взаимосвязи числа подроста с погодными условиями (средняя температура вегетационного периода, среднее количество осадков и максимальное количество осадков) показал следующее (таблица 4).

Таблица 4 - Коэффициент корреляции зависимости числа подроста от погодных условий

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.13.5>

Тип леса	Погодные условия за вегетационный период по годам		
	температура, град	среднее количество осадков, мм	максимальное количество осадков, мм
C1	-0,46	-0,07	-0,13
C2	-0,33	-0,33	-0,34
C3	-0,67	0,33	0,29
C4	-0,72	0,26	0,21

В более влажных условиях местопроизрастания коэффициент корреляции увеличивается, что говорит о большей зависимости числа подроста от средней температуры воздуха за вегетационный период (апрель — сентябрь). Теснота связи числа молодых деревьев и среднего количества осадков — слабая и умеренная, причем в очень сухих и сухих условиях произрастания она обратная. Аналогичные значения коэффициента корреляции между максимальным количеством осадков и числом подроста. Следовательно, на возникновение и выживание подроста большое влияние оказывает средняя температура воздуха в течение вегетационного периода.

## Заключение

Выявлено, что в различных типах леса происходит естественное возобновление разной интенсивности и наибольшее среднее количество молодых деревьев наблюдалось во влажном типе леса, а наибольшее число всходов — в очень сухих условиях произрастания.

Определено, что чем ниже полнота насаждения, тем более благоприятные условия создаются для естественного возобновления леса, больше света и ресурсов доступно для молодых деревьев. В загущенных насаждениях (с полнотой 0,7 и выше) молодые деревья подвержены сильной конкуренции со стороны взрослых деревьев.

Корреляционная связь между полнотой насаждения и высотой подроста показывает, что при увеличении полноты леса уменьшается высота подроста. Возможные причины отрицательной связи между полнотой насаждения и приростом подроста заключаются в конкуренции за ресурсы в высокополнотных лесах. Вычисленный t-критерий подтвердил, что количество подроста зависит от полноты леса, что еще раз подчеркивает необходимость снижения полноты для получения жизнеспособного возобновления. Сильная корреляция подчеркивает, что на возникновение и выживание подроста большое влияние оказывает средняя температура воздуха в течение вегетационного периода.

## Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

## Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

## Список литературы / References

1. Данченко М.А. Особо охраняемые природные территории Республики Казахстан и проблемы их сохранения / М.А. Данченко, С.А. Кабанова // Актуальные проблемы лесного комплекса. — Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2004. — Вып. 9. — С. 86–88.
2. Seidl R. Patterns of early post-disturbance reorganization in Central European forests / R. Seidl, M. Potterf, J. Müller et al. // Proc Biol Sci. — 2024. — № 291 (2031). — P. 20240625. — DOI: 10.1098/rspb.2024.0625
3. Архипов Е.В. Анализ горимости и система мероприятий по минимизации послепожарного ущерба в сосновых лесах Казахстана dis.. ...Candidate of Sciences: 06.03.03 : защищена 2016-06-30 : утв. 2016-06-30 / Е.В. Архипов. — Екатеринбург: 2016. — 179 с.
4. Архипов Е.В. Роль фитофагов в послепожарных лесах Казахстана / Е.В. Архипов // Вестник Алтайского государственного университета. — 2014. — № 7 (117). — С. 80–85.
5. Об утверждении Правил рубок леса на участках государственного лесного фонда: Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 30 июня 2015 года № 18-02/596. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 14 августа 2015 года № 11894.
6. Pham V.V. Tree regeneration characteristics in limestone forests of Cat Ba National Park, Vietnam / V.V. Pham, C. Ammer, P. Annighöfer et al. // BMC Ecology and Evolution. — 2022. — № 22 (1). — P. 6. — DOI: 10.1186/s12862-021-01957-9
7. Hu Y.-C. Responses of stand growth, regeneration, and understory species diversity in *Quercus mongolica* secondary forest to stand density / Y.-C. Hu, X.-L. Zhang, X.-Y. Han et al. // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2022. — № 33. — P. 727–732. — DOI: 10.13287/j.1001-9332.202203.003
8. Ambs D. Regeneration dynamics in mixed mountain forests at their natural geographical distribution range in the Western Rhodopes / D. Ambs, G. Schmied, T. Zlatanov et al. // Forest Ecology and Management. — 2024. — № 552. — P. 121550. — DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121550
9. Petrovska R. Replace me if you can: Abundance of advance regeneration under canopy trees in a primeval beech forest / R. Petrovska, H. Bugmann, M. Hobi et al. // Forest Ecology and Management. — 2023. — № 537. — P. 120939. — DOI: 10.1016/j.foreco.2023.120939
10. Feng Y.-H. Effect of thinning intensity on natural regeneration of *Larix principis-rupprechtii* / Y.-H. Feng, J. Yan, Y. Guo et al. // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2023. — № 34 (5). — P. 1169–1177. — DOI: 10.13287/j.1001-9332.202305.006
11. Kang B. Regeneration characteristics and related affecting factors of *Pinus tabulaeformis* secondary forests in Qinling Mountains / B. Kang, D.-X. Wang, H. Cui et al. // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2011. — № 22 (7). — P. 1659–67. — DOI: 10.1890/10-1357.1
12. Han W.-J. Effects of gap size on seedling natural regeneration in artificial *Pinus tabulaeformis* plantation / W.-J. Han, X.-Q. Yuan, W.-H. Zhang // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2012. — № 23 (11). — P. 2940–8.
13. Kabanova S.A. Regional risks of artificial forestation in the steppe zone OF Kazakhstan (case study of the green belt of Astana) / S.A. Kabanova, Z.N. Zenkova, M.A. Danchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference and Early Career Scientists School on Environmental Observations, Modeling and Information Systems, ENVIROMIS 2018. — 2018. — № 211. — P. 012055. — DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012055
14. Bednář P. Growth and Morphological Patterns of Norway Spruce (*Picea abies*(L.) Karst.) Juveniles in Response to Light Intensities / P. Bednář, J. Souček, J. Krejza et al. // Forests. — 2020. — № 13. — P. 1804. — DOI: 10.3390/f13111804

15. Petrovska R. Survival time and mortality rate of regeneration in the deep shade of a primeval beech forest / R. Petrovska, H. Bugmann, M. Hobi et al. // European Journal of Forest Research. — 2022. — № 141. — P. 43–58. — DOI: 10.1007/s10342-021-01427-3
16. Petrokas R. Tree regeneration and ontogenetic strategies of northern European hemiboreal forests: transitioning towards closer-to-nature forest management / R. Petrokas, M. Manton, D. Kavaliauskas // PeerJ. — 2024. — № 8. — P. e17644. — DOI: 10.7717/peerj.17644
17. Бирюков В.Н. Группы типов леса Казахстана / В.Н. Бирюков. — Алма-Ата: Кайнар, 1982. — 44 с.
18. Данченко А.М. Лесные культуры: учебное пособие / А.М. Данченко, С.А. Кабанова, М.А. Данченко и др. — Москва: Юрайт, 2018. — 235 с.
19. Сабан Я.А. Методы изучения точности учёта подроста под пологом леса и на вырубках / Я.А. Сабан // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. — 1974. — № 3. — С. 46–48.

### **Список литературы на английском языке / References in English**

1. Danchenko M.A. Osobo okhranyaemie prirodnie territorii Respubliki Kazakhstan i problemi ikh sokhraneniya [Protected Natural Areas of the Republic of Kazakhstan and Problems of Their Conservation] / M.A. Danchenko, S.A. Kabanova // Current Problems of the Forest Complex. — Bryansk: Bryansk State University of Engineering and Technology, 2004. — Iss. 9. — P. 86–88. [in Russian]
2. Seidl R. Patterns of early post-disturbance reorganization in Central European forests / R. Seidl, M. Potterf, J. Müller et al. // Proc Biol Sci. — 2024. — № 291 (2031). — P. 20240625. — DOI: 10.1098/rspb.2024.0625
3. Arxipov E.V. Analiz gorimosti i sistema meropriyatiy po minimizacii poslepozharnogo ushherba v sosnovy'x lesax Kazaxstana [Analysis of fire occurrence and a system of measures to minimize post-fire damage in pine forests of Kazakhstan] dis....of PhD in : 06.03.03 : defense of the thesis 2016-06-30 : approved 2016-06-30 / E.B. Архипов. — Ekaterinburg: 2016. — 179 p. [in Russian]
4. Arxipov E.V. Rol' fitofagov v poslepozharny'x lesax Kazaxstana [The role of phytophagous insects in post-fire forests of Kazakhstan] / E.V. Arxipov // Bulletin of Altai State University. — 2014. — № 7 (117). — P. 80–85. [in Russian]
5. Ob utverzhdennii Pravil rubok lesa na uchastkah gosudarstvennogo lesnogo fonda [On approval of the Rules for forest cutting in state forest fund areas]: Order of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated June 30, 2015, No. 18-02/596. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on August 14, 2015, No. 11894. [in Russian]
6. Pham V.V. Tree regeneration characteristics in limestone forests of Cat Ba National Park, Vietnam / V.V. Pham, C. Ammer, P. Annighöfer et al. // BMC Ecology and Evolution. — 2022. — № 22 (1). — P. 6. — DOI: 10.1186/s12862-021-01957-9
7. Hu Y.-C. Responses of stand growth, regeneration, and understory species diversity in *Quercus mongolica* secondary forest to stand density / Y.-C. Hu, X.-L. Zhang, X.-Y. Han et al. // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2022. — № 33. — P. 727–732. — DOI: 10.13287/j.1001-9332.202203.003
8. Ambs D. Regeneration dynamics in mixed mountain forests at their natural geographical distribution range in the Western Rhodopes / D. Ambs, G. Schmied, T. Zlatanov et al. // Forest Ecology and Management. — 2024. — № 552. — P. 121550. — DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121550
9. Petrovska R. Replace me if you can: Abundance of advance regeneration under canopy trees in a primeval beech forest / R. Petrovska, H. Bugmann, M. Hobi et al. // Forest Ecology and Management. — 2023. — № 537. — P. 120939. — DOI: 10.1016/j.foreco.2023.120939
10. Feng Y.-H. Effect of thinning intensity on natural regeneration of *Larix principis-rupprechtii* / Y.-H. Feng, J. Yan, Y. Guo et al. // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2023. — № 34 (5). — P. 1169–1177. — DOI: 10.13287/j.1001-9332.202305.006
11. Kang B. Regeneration characteristics and related affecting factors of *Pinus tabulaeformis* secondary forests in Qinling Mountains / B. Kang, D.-X. Wang, H. Cui et al. // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2011. — № 22 (7). — P. 1659–67. — DOI: 10.1890/10-1357.1
12. Han W.-J. Effects of gap size on seedling natural regeneration in artificial *Pinus tabulaeformis* plantation / W.-J. Han, X.-Q. Yuan, W.-H. Zhang // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2012. — № 23 (11). — P. 2940–8.
13. Kabanova S.A. Regional risks of artificial forestation in the steppe zone OF Kazakhstan (case study of the green belt of Astana) / S.A. Kabanova, Z.N. Zenkova, M.A. Danchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference and Early Career Scientists School on Environmental Observations, Modeling and Information Systems, ENVIROMIS 2018. — 2018. — № 211. — P. 012055. — DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012055
14. Bednář P. Growth and Morphological Patterns of Norway Spruce (*Picea abies*(L.) Karst.) Juveniles in Response to Light Intensities / P. Bednář, J. Souček, J. Krejza et al. // Forests. — 2020. — № 13. — P. 1804. — DOI: 10.3390/f13111804
15. Petrovska R. Survival time and mortality rate of regeneration in the deep shade of a primeval beech forest / R. Petrovska, H. Bugmann, M. Hobi et al. // European Journal of Forest Research. — 2022. — № 141. — P. 43–58. — DOI: 10.1007/s10342-021-01427-3
16. Petrokas R. Tree regeneration and ontogenetic strategies of northern European hemiboreal forests: transitioning towards closer-to-nature forest management / R. Petrokas, M. Manton, D. Kavaliauskas // PeerJ. — 2024. — № 8. — P. e17644. — DOI: 10.7717/peerj.17644
17. Biryukov V.N. Gruppy' tipov lesa Kazaxstana [Groups of forest types of Kazakhstan] / V.N. Biryukov. — Alma-Ata: Kajnar, 1982. — 44 p. [in Russian]
18. Danchenko A.M. Lesny'e kul'tury': uchebnoe posobie [Forest plantations] / A.M. Danchenko, S.A. Kabanova, M.A. Danchenko et al. — Moscow: Yurajt, 2018. — 235 p. [in Russian]

19. Saban Ya.A. Metody' izucheniya tochnosti uchystva podrosta pod pologom lesa i na vy'rubkax [Methods for studying the accuracy of undergrowth accounting under forest canopy and on clear-cut areas] / Ya.A. Saban // Forest, Pulp and Woodworking Industry. — 1974. — № 3. — P. 46–48. [in Russian]