



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ, БИОЛОГИИ И ХИМИИ

**Естественное возобновление сосны в Ильменском заповеднике**

**Выпускная квалификационная работа по направлению  
05.03.06 Экология и природопользование**

**Направленность программы бакалавриата**

**«Природопользование»  
Форма обучения: очная**

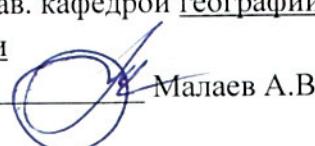
Проверка на объем заимствований:

94,98 % авторского текста

Работа рекомендована к защите  
рекомендована/не рекомендована

«23» 05 2025 г.

И.о. зав. кафедрой географии, биологии и  
химии

  
Малаев А.В.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-423/058-4-1  
Колмурзина Ангелина Рустамовна



Научный руководитель:

канд. с/х наук; проф., д-р биол. наук,  
Назаренко Назар Николаевич

Челябинск

2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                                     | 3  |
| ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ .....                                                         | 5  |
| 1.1 Изучение, методы исследований естественного и искусственного возобновления и роста молодых насаждений сосны обыкновенной..... | 5  |
| 1.2 Естественное и искусственное возобновление сосны обыкновенной после пожаров .....                                             | 13 |
| Выводы по первой главе.....                                                                                                       | 19 |
| ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....                                                            | 22 |
| 2.1 Рельеф.....                                                                                                                   | 22 |
| 2.2 Климат .....                                                                                                                  | 27 |
| 2.3 Растительный мир .....                                                                                                        | 31 |
| 2.4 Методика исследований и математическо-статистический анализ данных .....                                                      | 34 |
| Выводы по второй главе.....                                                                                                       | 36 |
| ГЛАВА 3. ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СОСНЫ В ИЛЬМЕНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ.....                                                           | 37 |
| 3.1 Выживаемость сеянцев сосны в различных биотопах в условиях Ильменского заповедника .....                                      | 37 |
| 3.2 Характеристика годичного прироста всходов и подроста сосны в различных биотопах в условиях Ильменского заповедника .....      | 43 |
| Выводы по третьей главе .....                                                                                                     | 61 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                                                  | 64 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....                                                                                            | 66 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Характеристика пробных площадей, карта-схема заложения пробных площадей и первичные материалы учетов .....           | 69 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2    Данные об осадках и температуре воздуха с  
2020 г. по 2024 г. .... 77

## **ВВЕДЕНИЕ**

Таёжные леса северного полушария ( boreальная тайга) представляет собой одно из самых хозяйственно значимых природно-ландшафтных образований на планете, который выполняет исключительно важные средообразующие и стабилизирующие функции, во многом определяя экологическое равновесие в биосфере [18].

**Актуальность темы исследования** – заключается в том, что в условиях продолжающегося изменения климата и сильных антропогенных воздействий повсеместно наблюдается массовая деградация лесных экосистем. В Челябинской области в настоящее время сокращение площадей сосновых лесов связывают прежде всего с недостаточной обеспеченностью приспевающих и спелых сосновых подростом сосновы [19]. Исследование процессов естественного возобновления сосновы помогает разработать эффективные методы охраны и управления заповедными территориями, что способствует сохранению ценных лесных сообществ и поддержанию экологической стабильности на длительный срок.

**Цель работы** – в условиях полевого эксперимента при отсутствии антропогенных воздействий на охраняемой территории оценить успешность возобновления сосновой обыкновенной в разных типах биотопов: степных, луговых и лесных.

### **Задачи работы:**

1. Провести учёты всходов сосновой обыкновенной при различных вариантах воздействия на почвенно-растительный покров и в разных биотопах.
2. Дать оценку роли эдафических факторов, условий контролируемых выжиганий и особенностей годичного цикла основных метеофакторов в естественном возобновлении сосновой на территории заповедника.

3. Выбрать комплекс оптимальных факторов и способов посадки семян, необходимых для восстановления сосновых лесов в условиях Южного Урала.

**Объект исследования:** заложенные участки натурного эксперимента на территории Ильменского заповедника.

**Предмет исследования:** всходы семян и выживание сеянцев сосны обыкновенной при различных вариантах воздействия на почвенно-растительный покров (удаление подстилки, перекопка, выжигание), а также динамика численности всходов в ходе вегетационного сезона в различных местообитаниях.

**Новизна работы** – состоит в проведении масштабного полевого эксперимента, направленного на изучение закономерностей естественного возобновления сосны обыкновенной в условиях различных биотопов (степных, луговых и лесных) Ильменского заповедника.

**Практическая значимость** – разработанные методики экспериментального моделирования воздействия огня и обработки почвы могут быть применены при планировании природоохраных и лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение устойчивости сосновых насаждений к пожарам и другим стрессовым факторам. А также данные о динамике всхожести и выживания сосновых сеянцев в различных условиях служат основой для практического выбора оптимальных условий и способов посадки семян при восстановлении лесов, особенно в условиях степных и луговых сообществ с высоким риском пожаров.

# **ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ**

**1.1 Изучение, методы исследований естественного и искусственного возобновления и роста молодых насаждений сосны обыкновенной**

Возобновление лесных массивов, или процесс лесовозобновления, представляет собой комплексное явление, связанное с формированием нового поколения деревьев. Если этот процесс проходит в условиях стабильных экосистем, например, под кроной зрелых лесных насаждений, можно говорить о естественном обновлении подроста. Однако при сплошной вырубке, сильных верховых пожарах или массовом уничтожении деревьев вредителями возрождение леса происходит в значительно более тяжелых условиях. В таких случаях речь идет не просто о появлении молодняка, а о полном восстановлении всей экосистемы, включая её структуру, функции и экологические свойства.

Процесс возобновления леса является многофакторным. Он включает в себя не только поселение и адаптацию различных видов деревьев к новым условиям, но также формирование всех элементов леса. Этот процесс может происходить благодаря различным лесообразующим породам, но, если возобновление осуществляется именно коренными породами, это уже классифицируется как лесовосстановление.

Таким образом, возобновление леса – это ключевой аспект экосистемного баланса, который требует учёта множества факторов, влияющих на характер и скорость восстановления лесных угодий.

Лесовосстановление предполагает проведение более интенсивных хозяйственных мер по сравнению с лесовозобновлением, поскольку обеспечение возобновления коренных пород часто связано с большими техническими и материальными трудностями. Восстановление леса после полного уничтожения древостоя под влиянием различных причин – это демутация леса [10].

Один из родоначальников науки о лесе Г. Ф. Морозов (1928) отмечает, что основными лесоводственными принципами должны стать принцип постоянства пользования лесными ресурсами и принцип возобновления леса в процессе его использования. Он называет лес сложным динамичным явлением, для изучения и понимания которого необходимо сначала изучить исходный материал, так называемый «лесообразователь». Лес – это результат взаимодействия отдельных лесообразователей. В своих работах он не разделяет понятия «возобновление леса» и «рубка», а отождествляет их [14].

Лесовозобновление – единый непрерывный процесс, являющийся непременным атрибутом рубки леса, являются самовозобновляемым природным ресурсом, они нуждаются в рациональном использовании и эффективном воспроизводстве [17].

Возобновление лесных биогеоценозов представляет собой естественный биологический процесс, который гарантирует их постоянное саморазвитие и устойчивость. Процесс формирования лесов проходит в состоянии равновесия, что в конечном итоге обеспечивает неограниченное существование лесных массивов и возможность рационального использования их ресурсов.

Процесс лесообразования представляет взаимосвязанных компонентов и рассматривается лесоводами в динамике [13].

В Урале исследования естественного возобновления лесов ведутся уже на протяжении длительного времени. Особенно детально, с учетом доступных литературных источников, эти процессы анализировались в последние 5-6 лет Уральской лесной опытной станцией. Это позволило сделать вывод о том, что первый этап изучения возобновительных процессов в подзонах южной тайги, темнохвойно-широколиственных лесов (Свердловская область) и горных южнотаежных и смешанных лесов (Челябинская область) – связанный с их количественными характеристиками – завершен. Данный вывод также можно распространить на подзоны

северной и средней тайги в Свердловской области и предлесостепенные сосново-березовые леса в Свердловской и Челябинской областях.

И. С. Мелехов (1944, 1974) рассматривает понятия «лесовосстановление» и «лесовозобновление» как равнозначные, связывая их с процессом возрождения главного компонента леса – древесной растительности. Вместе с тем, в практике лесоводства существует точка зрения, что эти термины имеют различия. Под лесовосстановлением понимают формирование нового поколения леса на основе исходной породы, тогда как лесовозобновление предполагает появление леса с участием любых древесных пород, вне зависимости от их происхождения [3].

С. А. Денисов и В. М. Егоров (2005) определяют лесовозобновление как процесс формирования нового поколения леса в условиях полога материнского древостоя, а также на вырубках, гарях и других территориях, которые ранее были заняты лесными массивами [16].

Естественное возобновление леса включает несколько типов, среди которых выделяются семенное, вегетативное и смешанное возобновление. Семенное возобновление происходит благодаря семенам, в то время как вегетативное основано на вегетативных затачках. Смешанный тип включает в себя оба этих компонента.

Семенное возобновление может быть предварительным, сопутствующим или последующим относительно материнского древостоя. Предварительное возобновление наблюдается под пологом насаждения, сопутствующее – внутри материнского насаждения при проведении выборочных и постепенных рубок, а последующее – на территориях с полными вырубками, гарями и ветровальниками. Длительность естественного возобновления варьируется. В условиях полога насаждения этот процесс может продолжаться бесконечно, так как вместо стареющего подроста постоянно возникают новые поколения. При постепенных рубках сопутствующее возобновление продолжается от начала до завершения этих работ. Выборочные рубки, частичные удаления насаждений через

продолжительные промежутки времени при сохранении материнского древостоя, также могут длиться бесконечно, так как в процессе сохраняется процесс сопутствующего возобновления.

На сплошных рубках и гарях период возобновления имеет ограничения. Здесь последующее возобновление продолжается до тех пор, пока естественным образом не появится необходимое количество растений для формирования нового поколения леса, при этом могут применяться меры содействия. Предварительное возобновление также может играть значительную роль в заселении площадей, вышедших из-под полога насаждений, и в некоторых случаях именно оно становится доминирующим. Чем короче период лесовозобновления, тем выше его лесоводственная и экономическая эффективность.

В процессе естественного семенного возобновления леса первым этапом является цветение деревьев. По интенсивности цветения можно оценить потенциальную урожайность, принимая во внимание возможные потери цветков. В условиях хорошей погоды, без сильных заморозков и нашествий вредителей, происходит образование качественных семян. Следующий этап включает созревание и распространение семян. Обычно для успешного семенного возобновления достаточно присутствия семян от древесных пород в течение года. Однако в редкие годы, когда семена отсутствуют или поедаются животными, возобновление не происходит. Разные древесные породы вырабатывают различные объемы семян. Береза, осина, тополя и липа, как правило, дают наибольшее количество семян. Важно отметить, что урожайность семян изменяется из года в год, демонстрируя периодичность. Некоторые деревья, такие как береза, черная ольха и ивы, дают семена ежегодно, тогда как осина, граб, черемуха и рябина – через 1-2 года. Лиственница и груша дают семена через 2-3 года, а сосна, ель, кедр и дуб – через 3-6 лет. Учет этой периодичности имеет большое значение для организации сбора семян и планирования мероприятий по восстановлению лесов. На уровень и периодичность

плодоношения влияют экологические условия. В более благоприятных климатических и почвенных условиях семена возникают чаще и в большем количестве. Например, на Крайнем Севере хвойные деревья начинают давать хорошие урожаи только через 10-20 лет.

Возобновление леса составляет одно из звеньев лесообразовательного процесса. Любая рубка леса предполагает обязательное возобновление (если площадь не отчуждается для других целей). Поэтому выражение Г. Ф. Морозова «Рубка – синоним возобновления» отражает важнейшую сторону жизни леса [14].

Возобновление леса может происходить как естественным образом, так и под контролем специалистов в области лесоводства. В условиях постоянного роста площади вырубок как в России, так и по всему миру, важно не оставлять процессы лесовозобновления на произвол судьбы. Они должны быть целенаправленно организованы, чтобы в максимально короткие сроки формировать жизнеспособные лесные насаждения, которые будут эффективно выполнять свои экологические функции и удовлетворять потребности населения в древесине и других продуктах леса.

Естественное возобновление лесных насаждений под кроной, на вырубках и после пожаров может происходить как самостоятельно и без контроля, так и под руководством лесоводов с использованием специальных мер, направленных на поддержку этого процесса. В своих исследованиях Е. П. Смолоногов (1999) подчеркивает, что после полной вырубки древостоя, за исключением специально оставленных обсеменителей, случайных недорубов, участков молодого леса или отдельных подростов, формирование новых лесных сообществ начинается заново, при этом в него вовлечены ценотические компоненты прежних лесных экосистем. Естественное восстановление лесных территорий, подвергшихся антропогенным (рубки) или пирогенным (пожары) воздействиям, представляет собой врожденную реакцию лесных экосистем на угрозы их существованию. В случае, если экосистема леса не способна к

самостоятельному восстановлению и при отсутствии искусственных мер по лесовосстановлению, возможно качественное изменение среды с переходом к иным типам ландшафтов – таким как степь, луг или болото. Эффективность естественного возобновления в лесоводческой практике зависит от множества условий и факторов, однако в ряде лесорастительных зон данный способ оказывается достаточно результативным, что позволяет использовать его в качестве основного метода воспроизводства лесов [15].

Анализ массовых выборок из таксационных описаний спелых и перестойных насаждений с различным количеством хвойного подроста под пологом в лесной зоне Свердловской и Челябинской областей выявил, что процесс возобновления главным образом зависит от полноты древостоев. В северной и средней подзонах тайги наблюдается, что снижение полноты сосновых насаждений способствует увеличению доли деревьев с удовлетворительным уровнем возобновления относительно общей площади этой возрастной группы. При полноте 0,5 и ниже среди всех типов леса преобладают насаждения с удовлетворительным возобновлением (более 3,0 тыс. экз. хвойного подроста на 1 га) – 85-90 %. При полноте в диапазоне 0,6-0,7 данный показатель сокращается до 50-60 %, а при полноте 0,8 и выше – до 30-40 %. Также отмечается, что с уменьшением полноты происходит резкий рост количества подроста. Исследования показали, что при полноте 0,6-0,7 среднее количество подроста может превышать численность насаждений с полнотой 0,8 и более в 2,3-16 раз. В несколько раз увеличивается количество подроста в насаждениях, подвергшихся выборочным рубкам. В типах леса с высокой трофичностью почв помимо освещенности в процессе возобновления значительную роль играет живой напочвенный покров, особенно на ювенильной стадии и в первые годы жизни подроста. Его влияние на подрост происходит через конкуренцию за экологические ресурсы и биохимические взаимодействия, что зависит от силы развития и видов растительности.

Важной характеристикой успешности естественного возобновления является показатель встречаемости подроста, описывающий равномерность его распределение по площади. Е. И. Успенский (1973) считает, что размещение подроста под пологом носит контагиозный, а не случайный характер. Несмотря то, что при выпадении семена сосны относительно равномерно распределяются по всей площади, условия для их прорастания, роста и развития не одинаковы, поэтому в итоге можно наблюдать мозаичное размещение подроста. При снижении дренажа почвы, степень контагиозности (заразности) возрастает. А. В. Побединский (1966) связывает успешность возобновления с коэффициентом встречаемости подроста и почвенными условиями: возобновление можно считать успешным в свежих условиях при встречаемости подроста 60 % и выше, в сухих – не менее 50 % [16].

Преимущества естественного семенного лесовозобновления:

1. Новые поколения древесных растений проходят интенсивный отбор в условиях конкурентной борьбы, что способствует формированию высококачественных генетических популяций.
2. Семенные деревья обладают повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды, таким как вредители, болезни, сильные ветры и снег. Это делает их более конкурентоспособными по сравнению с вегетативными потомками.
3. В результате этого процесса образуются сложные экосистемы, близкие к естественным, с развитым нижним ярусом растительности, включая такие кустарниковые виды, как брусника, черника и клюква, что критически важно для устойчивого лесовосстановления.
4. Полностью восстанавливаются все экологически важные функции леса, включая защиту водных ресурсов, рекреационную атмосферу и санитарно-гигиенические функции.

5. Для естественного семенного возобновления не требуется значительных финансовых и трудовых вложений, а также использование сложной техники.

Недостатки естественного семенного лесовозобновления:

1. Существует риск замещения ценных лесных пород на менее ценные разновидности.

2. В смешанных посадках периодически необходимы рубки, направленные на регулирование состава древостоя.

3. Ограничена возможность разнообразия видов в составе древостоя.

4. Появление новых лесных поколений происходит нерегулярно из-за неравномерного поступления семян и затяжных засушливых периодов весной и ранним летом.

5. В некоторых случаях возникает необходимость внедрения дополнительных мер, что приводит к увеличению расходов на процессы лесовосстановления.

6. В начальные годы жизни древесные растения семенного происхождения растут медленнее, чем их вегетативные аналоги.

Естественные процессы семенного лесовозобновления можно активизировать и ускорить, особенно в тех местах, где они протекают медленно, при помощи различных мер содействия. Эти меры могут быть применены под пологом насаждений для стимуляции предварительного возобновления, а также при выборочных рубках для активизации сопутствующего возобновления, на площадках сплошных вырубок и гарях для организации последующего возобновления. Крайне важно сосредоточиться на мерах, способствующих сопутствующему и последующему возобновлению. В первом случае ускорение и повышение результативности возобновления помогут интенсифицировать рубки, во втором – предотвратят смену пород и сокращают общий срок возобновления, который может затягиваться на 20 и более лет. Это, в свою очередь, увеличивает период оборота рубок, что негативно сказывается на лесном управлении.

Активные мероприятия под пологом насаждений, направленные на поддержку предварительного и сопутствующего возобновления, включают в себя следующие действия:

- 1) снятие подстилки до минерального слоя земли;
- 2) перемешивание подстилки с минеральными слоями почвы;
- 3) обработка почвы для создания мелких понижений (в условиях нехватки влаги) и мелких приподнятий (в условиях избыточной влаги);
- 4) вырубка подлеска;
- 5) корректировка состава подроста за счет рубок с целью его формирования из ценных пород;
- 6) ограждение особенно ценных участков для защиты от поедания возобновления дикими и домашними животными;
- 7) создание скотопрогонных дорог для предотвращения разбредания домашнего скота во время выпаса.

На сплошных вырубках применяются как перечисленные выше меры, так и несколько дополнительных:

- 1) сохранение предварительного возобновления во время лесозаготовок;
- 2) оставление обсеменяющих деревьев для обеспечения вырубок семенным материалом;
- 3) очистка лесосек от остатков древесины, образовавшихся после вырубки;
- 4) устранение травянистой и кустарниковой растительности вокруг молодняка, который еще не вышел из-под её влияния;
- 5) запрет на пастьбу скота и сенокошения трав для кормления.

## 1.2 Естественное и искусственное возобновление сосны обыкновенной после пожаров

Согласно взглядам Г. Ф. Морозова, лес представляет собой динамичное равновесие, которое мы можем наблюдать повсюду в живой природе,

пока человек не вмешивается в этот процесс. Лесные пожары были постоянным элементом, даже в доисторические времена, и, несмотря на свою разрушительную силу, они не привели к полному уничтожению лесов на нашей планете. Напротив, наш народ вошел в свою историю среди хвойных лесов, которые не имели аналогов в мире [1].

Лесные пожары оказывают глубокое и разностороннее влияние на жизнь леса, нанося огромный ущерб лесному хозяйству и экономике страны. Ущерб, наносимый пожарами лесным насаждениям, заключается не только в разрушении древостоев и отчуждении хозяйственно ценной древесины. Огонь, повреждая взрослые деревья, уничтожая подрост, подлесок, живой напочвенный покров, лесную подстилку и внеярусную растительность, а также органический слой почвы, ведет к уничтожению или ослаблению всего насаждения. Не случайно поиск путей и способов формирования устойчивых к огню насаждений – одно из направлений в лесной пирологии и крупная лесоводственная проблема, решение которой позволит повысить пожароустойчивость лесов и сохранить их от полной гибели при пожарах [18].

И. С. Мелехов выделил разнообразные последствия лесных пожаров в самостоятельную научную область – лесную пирологию. Он отмечал, что пожары представляют собой один из ключевых эволюционных факторов, формирующих не только состав и структуру лесных сообществ прошлого и настоящего, но и их пространственное распределение. Влияние огненных возгораний на развитие лесных биогеоценозов стало предметом многочисленных исследований как отечественных, так и зарубежных ученых. В этих работах были подробно рассмотрены вопросы устойчивости лесных насаждений к пожарам, выявлены причины, определяющие степень повреждаемости деревьев огнем, а также проведен анализ изменений микроклимата, гидротермического режима почв и физико-механических характеристик почвенного покрова под воздействием высоких температур [1].

Таким образом, роль огня в лесу может быть положительной и отрицательной. Однако лесопирологическая наука наших дней, учитывая остроту лесопожарной проблемы, выступает в основном с позиций отрицания лесных пожаров, акцентируя основное внимание на их негативных последствиях. В то же время выдающиеся советские учёные-лесоводы (М. Е. Ткаченко, А. А. Молчанов, В. З. Гулисашвили, И. С. Мелехов) большое внимание уделяли положительной роли огня в лесном хозяйстве, например, при содействии естественному возобновлению в хвойных типах леса, огневой очистке лесосек, для улучшения санитарного состояния леса [1].

Напомним, что характер естественного возобновления определяется большой совокупностью факторов, и прежде всего это особенности самого пожара, условия, в которых происходило горение (погодные и лесорастительные), наличие на гари семенников, биологические характеристики древесных пород и др. [12].

Огневые повреждения, которые получают деревья при лесных пожарах, можно распределить на следующие виды:

- 1) обгорание коры: повреждение внешнего слоя древесины, что может привести к различным нарушениям в жизнедеятельности дерева;
- 2) ожог кроны: происходит перегрев в результате мощного теплового излучения, а также сгорание мелких веточек и хвои;
- 3) ожог камбия у надземной части ствола: ущерб, наносимый камбиальному слою, что может затруднить или остановить рост дерева;
- 4) ожог камбия корней и их перегорание: повреждения, оказывающие влияние на корневую систему и, как следствие, на общее состояние дерева.

Особенно сильно страдают от огня корни деревьев, как скелетные, так и их сосущие окончания при торфяных и устойчивых низовых пожарах. На регенерацию физиологически активной части корневых систем и репарацию ожоговых ран стволов и крупных корней деревья вынуждены тратить

значительное количество пластических веществ, что отрицательно сказывается на общей жизненности насаждения [12].

Одной из самых ценных с хозяйственной точки зрения древесных пород на Урале считается сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*). Согласно данным Г. А. Мокеева (1965), в древостоях, где преобладает эта порода, показатели горимости в 2-3 раза выше, чем в насаждениях темнохвойных пород, растущих в сходных условиях. Частота возникновения пожаров в сосновых лесах превышает численность возгораний в ельниках в 5-6 раз, а по сравнению с березняками – в 8-20 раз. В целом, на сосняки приходится от 85,5 % до 95,8 % всех лесных пожаров в регионе. Повышенная воспламеняемость сосновых древостоев отмечалась и другими исследователями [8].

Наиболее опасные с точки зрения пожароопасности участки в сосновых насаждениях – это их опушки. Здесь для возникновения возгорания достаточно искры от проезжающего транспорта, брошенного окурка или спички. Увеличенная горимость сосняков объясняется некоторыми биологическими особенностями сосны обыкновенной. Среди них стоит отметить высокую сквозистость древесного полога зрелых сосняков, что способствует быстрому высыханию верхнего слоя почвы и лесной подстилки. Кроме того, в сосняках наблюдается наличие значительного количества смолистого материала, процесс деструкции которого может затягиваться на долгие годы, особенно в сухих лесных типах. Особую угрозу представляют хвойные молодняки, которые в результате лесных пожаров нередко получают серьезные повреждения или полностью погибают.

Леса Ильменского заповедника на протяжении долгого времени подвергались постоянному воздействию лесных пожаров. Значительные территории до сих пор сохраняют явные следы прежних возгораний. Некоторые насаждения, включая сосняки, вероятно, сформировались на местах бывших пожарных гарей. Косвенным подтверждением этой

гипотезы служит выраженная одновозрастность сосновых древостоев, отмеченная в материалах лесоустройства и подтверждённая результатами таксационных обследований на постоянных пробных площадях. Дополнительно этому свидетельствуют сохранившиеся обгоревшие пни и остатки стволов древних лиственниц, встречающиеся в некоторых местах по крутым склонам у хребта Ильменского [5].

На протяжении многих веков огонь оказывал значительное влияние на формирование лесных экосистем заповедника, а также прилегающих территорий Южного Урала и Зауралья. Лесные пожары продолжают выполнять важную лесообразующую функцию и в наши дни. Возникновение огромных безлесных площадей и березовых редин в северной части заповедника можно объяснить исключительно воздействием огня, который уничтожил сосновые боры. Также прогалины и редины на крутых склонах долины реки Черемшанки имеют аналогичное, хотя и более позднее происхождение. Именно лесные пожары стали причиной замещения сосновых и сосново-лиственничных лесов березниками на склонах Ильменского хребта и Косой горы. В одних случаях это произошло временно, в других же – похоже, навсегда. Примером этого можно считать крутой западный склон и вершины, обращенные к городу Миасс. За последнее столетие они значительно «облысили», и теперь здесь можно увидеть фрагментарный, сильно изреженный и деградированный лес, перемежающийся с безлесными участками оstepненной растительности, возникшими в результате почвенной эрозии. Многие ботаники, исследовавшие эту территорию (например, Тюлина, 1928; Дервиз, 1940; Горчаковский, Золотарева, 2004), утверждают, что большинство сообществ степной и кустарниковой растительности, встречающихся в горном лесорастительном районе заповедника, обязаны своим появлением частым пожарам, приведшим к уничтожению лесов и почвенно-эрэзионной деградации на крутых склонах.

Лесоведческие исследования, проведённые С. Л. Ушковым в 1961 г., подтвердили давно известный факт высокой устойчивости сосны к пожарам. В работе приведён анализ трёх эталонных деревьев, погибших в результате пожара 1936 г. в возрасте от 100 до 130 лет. Было выявлено, что каждое из этих деревьев пережило не менее десяти последовательных ожогов ствола до своей гибели. Кроме того, автор отмечает, что даже в годы особо сильных пожаров полное уничтожение лесных массивов происходит не всегда. Например, в 1936 г., когда крупные пожары охватили весь Урал и затронули более 90 кварталов заповедника, из 5205 га пострадавшей территории лишь на 367 га (около 7 %) произошёл распад древостой и массовая гибель примерно 70 % древесного запаса. На остальных площадях лес практически не понёс серьёзных повреждений – выгорели только травяной покров, подлесок и молодые насаждения. Таким образом, несмотря на высокую интенсивность пожаров в 1936 г. (их было всего около 90 за сезон), прямой ущерб лесам заповедника оказался сравнительно невелик [5].

Формация сосновых лесов в Ильменском заповеднике демонстрирует значительную устойчивость к воздействию огня. Это подтверждается состоянием лесного фонда и процессами естественного лесовозобновления основного лесообразующего вида. Информация о горимости конкретных насаждений помогает оптимизировать стратегии обнаружения и тушения лесных пожаров. Данные о территориальном распределении горимости за последние десятилетия позволили создать карты реальной и потенциальной горимости лесов для разных климатических условий, а также разработать профилактические противопожарные мероприятия. Погодные условия существенно влияют на вероятность возникновения пожаров. В засушливые годы к наиболее пожароопасным относятся участки площадью 26099 га, что составляет 85,9 % всей территории заповедника и относится к I и II классам пожарной опасности. В увлажненные годы площадь насаждений этих классов не превышает 16808 га (55,1 %). В среднем на территории

заповедника фиксируется 14 лесных пожаров в год, с общей пройденной площадью 84,4 га, и средним размером одного пожара 6,8 га. Полный оборот огня на всей территории заповедника составляет 360 лет. Мы наблюдаем тенденцию к увеличению числа лесных пожаров при одновременном сокращении площади, которую они охватывают. Сосна и образуемые ею древостои демонстрируют высокую устойчивость к огневому фактору. Анализ спилов деревьев с пожарными «подсушинами» показал, что на постоянных пробных площадях (ППП) древостои подвергались огневому воздействию не менее 5-10 раз за прошлый век. При этом лесные сообщества сохранили свою жизнеспособность и не претерпели значительных изменений в породном составе и структуре древесного полога.

Одним из ключевых направлений современных исследований состояния горельников в заповеднике является создание прогнозных моделей, которые позволяют оценить скорость и степень восстановления лесных фитоценозов. Проводится систематический сбор данных на постоянных пробных площадках для анализа воздействия низовых пожаров на формирование сосновых насаждений в различных лесорастительных условиях.

### Выводы по первой главе

На территории Урала особое внимание уделяется изучению механизмов естественного возобновления в различных типах леса. Исследования многих учёных охватывают широкий спектр факторов, влияющих на этот процесс: от климатических условий и свойств почвы до видового состава древостоя и подлеска. Не менее значимым аспектом является изучение генетического разнообразия лесных популяций и его роли в успешном возобновлении. Исследования показывают, что генетически разнообразные насаждения обладают большей устойчивостью к болезням, вредителям и изменениям климата. Поэтому при проведении

лесовосстановительных работ важно использовать посадочный материал, полученный из семян, собранных с генетически ценных деревьев.

Так, особое внимание уделяется проблеме восстановления хвойных лесов, например сосны, которые наиболее уязвимы к воздействию различных факторов. Изучение опыта Ильменского заповедника, где огонь на протяжении веков формировал ландшафты и исследования постпожарного восстановления лесов, особенно сосновых, имеют огромное значение для разработки эффективных стратегий лесоуправления. Понимание механизмов влияния огня на структуру и динамику лесных насаждений, в том числе скорости восстановления фитоценозов, позволит оптимизировать мероприятия по лесовосстановлению и повысить устойчивость лесов к будущим пожарам. Многие ученые проводили исследования, связанные с возобновлением лесов после пожара. Однако, применение контролируемого огня требует тщательного планирования и строгого соблюдения мер безопасности. Необходимо учитывать погодные условия, особенности рельефа и наличие чувствительных экосистем.

Также важным направлением является изучение влияния рубок ухода на естественное возобновление. Правильно проведенные рубки ухода способствуют улучшению освещенности и питательного режима почвы, что создает благоприятные условия для роста подроста.

Применение мер содействия возобновлению леса требует индивидуального подхода, учитывающего конкретные условия участка и задачи лесопользования. Выбор метода (посев, посадка, минерализация почвы) и породы для возобновления определяется на основе тщательной оценки лесоводственной ситуации. Важно помнить, что эффективное содействие возобновлению – это не просто посадка деревьев, а создание благоприятных условий для их роста и развития. Внедрение инновационных технологий и методов в лесовосстановление является еще одним важным направлением исследований. В целом, исследования в области возобновления леса на Урале направлены на разработку научно

обоснованных практических рекомендаций, позволяющих повысить эффективность лесовосстановительных работ и обеспечить устойчивое развитие лесного хозяйства региона.

## **ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1 Рельеф**

Уральские горы являются одними из древнейших горных образований на нашей планете. Их основной этап формирования пришёлся на каменноугольный период, захватывая также начало пермского времени. За миллионы лет склоны Урала подвергались сильнейшему выветриванию и эрозионным процессам, в результате чего сегодня сохранились лишь остатки прежних высоких хребтов. Современный Уральский хребет представляет собой западную часть куда более обширной горной системы, которая в прошлом занимала значительную территорию нынешней Западно-Сибирской равнины. Ильменские горы, расположенные на крайнем востоке Урала, протянулись с севера на юг приблизительно на 75-100 км и постепенно переходят в предгорные равнины, соприкасающиеся с Западно-Сибирской низменностью. На границе с низменностью находится плавная равнина с отдельными невысокими холмами, ориентированными параллельно Ильменскому хребту. Эта равнина представляет собой террасу, возникшую под воздействием эрозионного влияния третичного моря, которое когда-то покрывало данный регион. Под сравнительно ровной поверхностью террасы залегают сложно перегнутые горные породы Уральской системы, что подтверждает её принадлежность к Уралу, а не к Западно-Сибирской низменности. Ширина этой террасы достигает около 26 км, а по железнодорожному пути она завершается всего в 7,5 км от г. Челябинска. Ранее существовавшее тут море сгладило множество предгорных возвышенностей и отступило, оставив после себя ровные участки с множеством мелководных озер [2].

В эпоху четвертичного периода вновь активизировались тектонические процессы, что привело к подъему Уральских гор, которые ранее были сглажены вследствие длительного выветривания. За последние

700 тыс. лет высота гор поднялась примерно на 200-400 м. На западном склоне Урала это повышение спровоцировало глубокое прорезание рек в уже сформированных долинах, а на восточной стороне произошло изменение направления русел многих малых и средних рек, которые ранее текли в меридиональном направлении, и они «развернулись» в широтное направление (к примеру, Уй, Миасс, Увелька и другие) [9].

В течение последних сотен тысяч лет Южный Урал характеризуется тектонической стабильностью, однако наблюдается медленный подъем земной поверхности со скоростью до 8 мм в год. Современный рельеф этого региона включает три главных элемента, расположенных с запада на восток:

- уфимское плоскогорье;
- сам Уральский кряж, представляющий собой горный массив;
- зауральский пенеплен – равнину, преимущественно плоскую или слабо волнистую.

Далее, на востоке Зауральская равнина плавно переходит в обширную Западно-Сибирскую низменность, которая отличается равнинным ландшафтом с многочисленными болотистыми участками и озёрными впадинами.

Ильменский государственный заповедник имени В. И. Ленина, учреждённый Уральским отделением Российской Академии наук (УрО РАН), находится на восточном склоне Южно-Уральской горной системы. Его территориальное расположение охватывает широты  $55^{\circ}20'$  –  $55^{\circ}30'$  с.ш. и долготы  $60^{\circ}10'$  –  $60^{\circ}20'$  в.д., занимая один из восточных хребтов – Ильменские горы, а также прилегающий небольшой участок Зауральского пенеплена. Заповедник располагается в пределах административных границ Челябинской области Российской Федерации.

Административное здание Ильменского государственного заповедника имени В. И. Ленина расположено в г. Миасс. Оно находится примерно в 1,5 км от железнодорожной станции «Миасс-1» на линии Челябинской железной дороги и в 100 км от областного центра – г. Челябинска.

Ильменский заповедник представляет собой единый лесной массив, протяжённость которого с севера на юг достигает 41 км, а с запада на восток в средней части – около 13 км, в северной – примерно 5 км, и в южной – около 7 км (Ильменский заповедник, 1991). Северная граница заповедника граничит с Аргаяшским лесхозом, на юге с Миасским, на северо-востоке также с Аргаяшским, на востоке – с Чебаркульским лесными хозяйствами. Западные и юго-западные рубежи прилегают к Миасскому лесхозу. В юго-западной области границ примыкает г. Миасс, который представляет значительную трудность при охране территории и является источником беспокойства.

В южной части Ильменских гор, расположенной внутри территории заповедника, формируется единый горный массив, вытянутый в направлении с севера на северо-восток. Массив обладает лишь незначительным расчленением, обусловленным речными долинами и балками, порой со склонами, круто уходящими в обрыв. Исключение составляет северная область, где благодаря протяжённому течению рек отроги основного Ильменского хребта более чётко отделяются от главной горной массы. Например, с западной стороны хребта река Первая отчётливо разграничивает длинный и вытянутый вдоль оси отрог, который на юге переходит в менее выраженные отроги, отделённые от основного массива вершинами Широкого лога [7].

Восточная сторона Ильменского хребта, расположенная в северной части района, отделена отрогами по вершинам речки Демидовой и реки Белой, которые получили название гор Демидовой и Белой. Далее, на юг, в горный массив врезаются ключи Герасимов, Рожков, Савельев, а также речки Черемшанки, благодаря чему более отчетливо выделяются отдельные отроги Ильменских гор – такие как гора Лохматая, Савельева и, в завершение, гора Фирсова. Эти отроги довольно резко спускаются в северной части заповедника в болотистую долину р. Няшевки, а в южной части – к торфяному болоту, которое служит естественной границей между

миаскитовым массивом и прилегающими с востока гнейсами, и гранитами. Зоны заболоченных земель существенно затрудняют наблюдение, но при этом скрывают уникальную область контакта между миаскитами и гранитогнейсами [7].

Южные склоны этих гор обладают своеобразной формой. Они завершаются двумя крупными уступами, обращёнными в сторону Ильменского озера. При подъёме на Савельеву гору эти уступы воспринимаются как большие холмы с более длинными и крутыми южными склонами. Перед тем как подняться на каждый из подобных уступов, приходится проходить через глубокие понижения, покрытые сосновым бором и усеянные замшелыми и оголёнными каменными глыбами. Чем выше поднимаешься, тем заметнее усложняется восхождение, что связано с увеличением крутизны склонов ближе к вершине и появлением многочисленных выпуклых площадок [6].

С западной стороны нижняя часть склонов Ильменских гор покрыта слоем элювиальных отложений, которые почти полностью скрывают здесь местные геологические контакты. Лишь вдоль дороги, ведущей в с. Тургояк, в отдельных местах выходят на поверхность коренные породы, относящиеся к более древним слоям миаскитовой толщи. Западная зона заповедника – Ильменские горы – характеризуется массивным рельефом, сравнительно крутыми склонами и выдающимися вершинами.

Северная половина восточного участка заповедника занята Косой горой, которая выступает в роли водораздела между долиной р. Няшевки и системой озер на окраине района. Относительная высота Косой горы примерно в два раза меньше, чем у Ильменских гор: над уровнем долины Няшевки она поднимается на 150-200 м, тогда как Ильменские горы достигают 330-350 м.

Миассово озеро расположено близко к Ильменским горам – всего около 2 км от их подножья. В южной части от оз. Малый и Большой Кисегач отходят от Ильменских гор, и здесь рельеф становится более сложным за-

счёт скопления холмов, расположенных к востоку от Косой горы. Южная оконечность Косой горы заканчивается около большой дороги на Кисегаческий кордон, которая пересекает гору. Западный склон Косой горы, шириной около 2 км, не столь глубоко рассечен долинами, спускающимися к Няшевке, как восточный склон, где скопление холмов в районе Кисегаческого кордона можно считать отрогами Косой горы. С запада склон ограничен понижением между Большим Кисегачем и Дмитровцевым прудом, занятых болотами и Черным озерком [7].

На всей данной территории прослеживается тесная взаимосвязь между формами рельефа, составом горных пород и особенностями их залегания. Крупные возвышенности, речные долины, ручьи, большинство озёрных котловин и болот вытянуты преимущественно в северо-восточном или близком к меридиональному направлению, что соответствует простиранию основного массива горных пород.

Ильменский хребет состоит из глубинных магматических пород, которые около 300 млн. лет назад, внедрившись в древние горные массивы, преобразовали их. По мнению академика А. Н. Заварицкого, это вызвало образование несимметричной складки с наклоном к западу. Северная часть складки сильно сжата и выпождена, при этом края осложнены более мелкой складчатостью.

Наиболее возвышенные участки рельефа представлены изверженными породами, а мелкие положительные формы часто связаны с жильными телами (телами кристаллических жил). Наиболее пониженные части территории приурочены к контактам между разными горными породами и нарушениям в их залегании, а также к древним осадочным породам.

Особенно выделяются продольные речные долины и цепочки озёрных котловин, которые формируют значительные понижения рельефа.

Основной массив Ильменского хребта, протянувшийся от озера Ильменского до д. Селянкино, выполняет роль водораздела между верховьями р. Миасс и р. Увелька с одной стороны и системой Ильменских

озёр – с другой. Хребет характеризуется стройной гребневой линией, чётким разграничением между подошвой и склонами, значительным разнообразием уклонов, а также большим количеством логов и поперечных долин. Эти долины делят хребет на отдельные горы, которые часто имеют собственные названия.

## 2.2 Климат

Климат заповедника формируется под воздействием чередующихся потоков воздушных масс: приатлантических, преобладающих над Восточно-Европейской равниной, и континентальных, характерных для сибирского региона. Значительное влияние на климатические условия также оказывают воздушные массы, поступающие с Ледовитого океана.

Согласно климатическому районированию СССР, Ильменский заповедник относится к южной части континентальной лесной зоны Западно-Сибирской климатической области. Континентальный климат здесь проявляется в резких различиях в погодных условиях, характерных для разных времен года [4].

Зимой в регионе преобладает область высокого атмосферного давления, связанная с Сибирским антициклоном, при этом давление в январе обычно колеблется в диапазоне 990-1000 мб. Январь считается самым холодным месяцем: минимальные температуры могут опускаться до  $-43,7^{\circ}\text{C}$ , тогда как максимальные значения редко поднимаются выше  $+6^{\circ}\text{C}$ . В это время года наблюдается максимальный уровень относительной влажности воздуха. Основные ветровые потоки приходят с юга и запада. Средняя продолжительность снежного покрова составляет около 150 дней, а его средняя толщина – примерно 21 см.

Весной наблюдается усиление циклических колебаний, характерных для черноморских и средиземноморских барометрических минимумов. Преобладают юго-западные ветры, смена которых на северные приводит к резким перепадам температуры. Этот период отличается нестабильными

погодными условиями. Снег активно тает вплоть до середины апреля. К маю интенсивность циклов барометрических минимумов уменьшается. Средний прирост температуры воздуха составляет около 6 °С в месяц. При этом в мае нередко случаются возвращения холодов, вызванные северо-западными ветрами. Относительная влажность воздуха весной постепенно снижается по мере наступления теплого времени года

Лето характеризуется пониженным атмосферным давлением, особенно ярко проявляющимся под воздействием Азорского максимума в июне и августе (среднее давление в июне – 969 мб, июле – 968 мб, августе – 971 мб). Наивысшие температуры летом достигают своего пика в июле, когда был зарегистрирован рекордный показатель +39,6 °С в 1948 г. Для летнего периода, как и для весны, иногда бывают заморозки, например, –4,5 °С 4 июня 1947 г. Доминирующим направлением ветра является западный. Несмотря на относительно стабильное барическое давление, время от времени появляются местные антициклоны, которые вызывают жаркую и ясную погоду. Максимальные осадки, как правило, наблюдаются в июле.

Осенний сезон по своим атмосферным показателям во многом напоминает зимний период. Общее количество осадков постепенно уменьшается с сентября к октябрю. В основном преобладают ветры с западного и юго-западного направлений. Уже с начала сентября появляются первые заморозки.

По данным метеорологической станции, преобладающее значение имеют сибирские континентальные воздушные массы. Наблюдается резкая смена температур, сравнительно низки показатели осадков и влажности воздуха, что в целом характеризует режим климата заповедника как типично континентальный (таблица 1) [4].

Таблица 1 – Среднемноголетние показатели климата Ильменского заповедника [5]

| Месяцы   | Температура воздуха, °С |      |            | Количество осадков, мм | Наибольшая высота снежного покрова, см | Относительная влажность воздуха, % | Ветер       |               |
|----------|-------------------------|------|------------|------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------|---------------|
|          | средняя                 |      | абсолютные |                        |                                        |                                    | направление | скорость, м/с |
|          | много-летняя            | max  | min        |                        |                                        |                                    |             |               |
| Январь   | -15,0                   | 8,0  | -47,0      | 8                      | 29                                     | 78                                 | Ю           | 3,0           |
| Февраль  | -13,5                   | 6,0  | -43,0      | 14                     | 38                                     | 76                                 | ЮЗ          | 3,1           |
| Март     | -7,8                    | 16,0 | -40,0      | 18                     | 41                                     | 74                                 | ЮЗ          | 3,6           |
| Апрель   | 2,4                     | 27,0 | -28,0      | 22                     | 21                                     | 68                                 | ЮЗ          | 3,3           |
| Май      | 10,6                    | 34,0 | -11,0      | 44                     | -                                      | 59                                 | 3           | 3,3           |
| Июнь     | 15,8                    | 35,0 | -3,0       | 66                     | -                                      | 64                                 | С3          | 2,8           |
| Июль     | 17,4                    | 38,0 | 1,0        | 96                     | -                                      | 71                                 | С3          | 2,8           |
| Август   | 15,5                    | 36,0 | -1,0       | 62                     | -                                      | 74                                 | С3          | 2,3           |
| Сентябрь | 9,9                     | 30,0 | -9,0       | 44                     | -                                      | 74                                 | ЮЗ          | 3,0           |
| Октябрь  | 1,9                     | 25,0 | -24,0      | 33                     | 2                                      | 75                                 | ЮЗ          | 3,6           |
| Ноябрь   | -6,4                    | 18,0 | -40,0      | 26                     | 12                                     | 76                                 | ЮЗ          | 3,2           |
| Декабрь  | -12,4                   | 9,0  | -44,0      | 23                     | 25                                     | 78                                 | ЮЗ          | 3,2           |
| Среднее  | 1,5                     | 38,0 | -47,0      | 466                    | 41                                     | 72                                 | ЮЗ          | 3,1           |

Основными направлениями ветров на территории Ильменского заповедника считаются западные и юго-западные ветра. В весенний и летний периоды к ним добавляются ветры северных направлений, что обусловлено проникновением арктических воздушных масс.

Начало пыления обыкновенной сосны (*Pinus sylvestris L.*) в разные годы демонстрировало значительную изменчивость. Отсутствие существенных различий в степени колебаний сроков начала цветения и распускания почек между растениями, цветущими в ранние и поздние весенние периоды, вероятно, связано с тем, что в Ильменском заповеднике средние температуры воздуха в весенние декады колебались схожим образом в межгодовом разрезе. Это подтверждается величинами стандартного отклонения (SD) в днях: около 3 дней в последней декаде марта, примерно 2,9 дня во второй декаде апреля и 3,1 – в третьей декаде мая.

За последние 40 лет среднегодовая температура воздуха в Ильменском государственном заповеднике повысилась на 0,2°C, а за период в 17 лет с 1999 г. – уже на 0,8 °C по сравнению с нормой. Этот положительный тренд является статистически значимым. Значительно превышали норму температурные показатели в 1995 г., 2008 г. и 2015 г. – вдвое выше. В первом рассматриваемом периоде месячное повышение было незначительным, не выходило за рамки десятых долей градуса, кроме марта, где наблюдалось повышение на 1,2 °C. Во втором периоде заметно потеплели такие месяцы, как январь, март, май, август и ноябрь.

Параллельно с этим увеличилась влажность региона: среднегодовое количество осадков за 40 лет составило 458 мм, при этом тренд по изменению осадков не выражен. За последние 17 лет сумма осадков увеличилась до 475 мм, с наибольшим ростом (7-13 мм) в марте-мае и в июле, однако для июля тренд оказался отрицательным. Максимальное количество осадков, превышающее норму на 200 мм, зафиксировано в 2000 г., а минимальное – примерно на 150-200 мм ниже нормы – в 1995 г. и 2012 г. Особое количество осадков в период с 1999 г. – по 2002 г. вызвало

значительный подъем уровня воды во всех озерах региона и подтопление прибрежных лесов. Засушливые весенне-летние периоды отмечались в 1972 г., 1975 г., 1981 г., 1995 г., 1998 г., 2004 г., 2010 г. (май-июнь), 2012 г. и 2016 г. – всего 10 лет.

Таким образом, ранее выявленная тенденция к потеплению на Южном Урале сохраняется и в последние десятилетия. Однако с середины 2000–х г. наблюдается тенденция к сушке территории, что указывает на начало внутривекового тепло-сухого периода в обширных областях восточнее Уральских гор.

### 2.3 Растительный мир

Территория данного заповедника расположена в бореальной климатической зоне, в подрайоне березово-сосновых лесов, характерных для предлесостепного пояса. Здесь преобладают горные сосновые насаждения, а также березовые леса, формирующиеся на их основе. Граница соседство с лесостепной зоной значительно влияет на растительный покров, стимулируя процессы остепнения. По данным лесоустройства 1999 г., лесные участки занимают площадь около 25015 га, что составляет примерно 83 % от общей территории заповедника. Луга и степные участки, хоть и занимают сравнительно небольшую площадь – 1473 га или около 5 % – представляют собой важную часть местного ландшафта.

Территория данного заповедника расположена в бореальной климатической зоне, в подрайоне березово-сосновых лесов, характерных для предлесостепного пояса. Здесь преобладают горные сосновые насаждения, а также березовые леса, формирующиеся на их основе. Граница соседство с лесостепной зоной значительно влияет на растительный покров, стимулируя процессы остепнения.

Лесные экосистемы заповедника преимущественно складываются из сосны и березы, которые занимают примерно 53,5 % и 43 % лесного массива

соответственно. Разнообразие типов сосновых лесов обусловлено особенностями эрозионно-денудационного рельефа. На вершинах хребтов, расположенных выше 400 м, а также в областях сопок, сложенных серпентинитами, сформировались разреженные сосновые и лиственничные леса с характерным оstepнённым травяным покровом. В более низких рельефных зонах – на возвышенностях и грядах из гранито-гнейсов – сохранились фрагменты почти первичной растительности: на вершинах гряд преобладают сосновые участки с бруслично-лишайниковым покровом, на склонах – зеленомошно-бруслично-черничные сосновые леса, а у подножий – зеленомошно-черничные. После воздействия пожаров и рубок эти природные сообщества частично заменены условно коренными лесами – сосновыми лесами с редким травяным слоем, состоящим из зелёных мхов, бруслики, черники, ксеромезофильных злаков и разнотравья, а также березово-сосновыми разнотравными насаждениями.

Большая часть березняков сформировалась вторично и представлена в основном березой повислой (*Betula pendula*, Roth). Эти леса возникли на территориях, где ранее находились вырубленные сосновые насаждения. Береза пушистая (*Betula pubescens*, Ehth) играет роль лесообразователя главным образом в приозерных низинах и вдоль русел рек и ручьев. Осиновые насаждения распространены практически повсеместно, однако занимают сравнительно небольшие площади.

Черная ольха образует небольшие заболоченные лесные участки на сплавинах оз. Большой Таткуль, а также по краям низменностей без стока. Узкие лесные полосы с преобладанием серой ольхи обычно располагаются в долинах рек и у берегов озер. Одной из отличительных черт предгорий Ильменского хребта служат небольшие островковые массивы липовых лесов, расположенные на крупных озёрах. Липа чаще встречается в подлеске либо занимает второстепенный ярус в структурах древостоя, например, в сосновых липняках.

В предгорных районах редко встречаются небольшие липовые леса с почти сплошным мертвым покровом. Липа, находясь на крайней восточной границе своего ареала, предпочитает расти вдоль берегов крупных озёр, таких как Большое Миассово и Большой Кисегач, которые оказывают увлажняющее и смягчающее влияние на местный климат. Иногда липа выступает в роли подлеска в сосновых, лиственнично-сосновых, а также остеинённых сосново-берёзовых лесах.

Растительность степной зоны заповедника зачастую имеет вторичное происхождение и развилаась на территориях, где ранее произвели вырубку лесов. Вместе с тем, на площадях Ильменского заповедника сохранились участка первичной степной растительности, включающие каменистую степь, разнотравно-злаковые ландшафты и заросли степных кустарников. Эти растительные сообщества локализованы на ярких, хорошо освещённых крутых склонах гор и невысоких округлых холмах, обращённых на юг и юго-запад. В таких степных биотопах, а также в разреженных сосново-лиственничных лесах с проявлениями остеинения, сосредоточено значительное количество реликтовых и эндемичных видов флоры заповедника: гвоздика иглолистная (*Dianthus acicularis*), пырей отогнутоостный (*Elytrigia reflexiaristata*), сибирская патриния (*Patrinia sibirica*), овсец пустынный (*Helictotrichon desertorum*) и иные редкие растения.

Луговая растительность представлена разнообразными типами остеинённых разнотравно-злаковых ландшафтов, которые встречаются наряду со степными сообществами на территории. В составе травостоя доминируют ксеромезофильные растения, способные успешно развиваться в условиях переменной влажности. Среди характерных представителей выделяются лобазник обыкновенный (*Filipendula vulgaris*), клевер люпиновидный (*Lupinaster pentaphyllus*), астрагал датский (*Astragalus danicus*), ясколка полевая (*Cerastium arvense*), подмаренник русский (*Galium ruthenicum*) и другие виды, типичные для таких экосистем. Эти растения

образуют устойчивые и хорошо адаптированные сообщества на луговых участках с уникальными экологическими параметрами.

Горно-ключевые луга располагаются на ограниченных участках, преимущественно на восточных склонах Ильменских гор, концентрируясь в понижениях рельефа, таких как ложбины и западины. На определённой высоте Ильменский хребет словно охватывается этими лугами. Причиной их возникновения считается близкое расположение грунтовых вод к поверхности почвы в данной зоне. Специфические почвенно-гидрологические условия оказывают значительное влияние на развитие растительных сообществ горных лугов, способствуя обилию влаголюбивых разнотравных видов. К характерным растениям здесь относятся чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum*), живокость высокая (*Delphinium elatum*), борец обыкновенный (*Aconitum septentrionale*), лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria*), сибирский борщевик (*Heracleum sibiricum*) и другие представители флоры.

В заповеднике более обширно представлены растительные сообщества типичного лугового разнотравья, которые сформировались на местах, где ранее рос лес, а затем эти участки регулярно выкашивались. Наиболее часто встречаются две основные ассоциации растений: снытево-злаковая и злаково-клеверная.

## 2.4 Методика исследований и математическо-статистический анализ данных

Методика заложения учетных площадок, вариантов опыта и дальнейшего учёта прорастания семян сосны натурного полевого эксперимента была разработана кандидатом биологических наук, старшим научным сотрудником Ильменского государственного заповедника, профессором Российской академии естествознания, членом РГО Н. Б. Куянцевой. В рамках исследования закономерностей естественного возобновления сосны в сочетании с действием огня и другим воздействием

на почвенно-растительный покров в экспериментальных условиях был заложен полевой эксперимент, характеризующий влияние свойств разных биотопов на прорастание и выживание сосны в максимально контрастных условиях (степное, луговое и лесное сообщества). Выполнены посадка семян (2017 г. и 2018 г.) и учеты сеянцев в ходе сезона вегетации (с 2020 г. по 2024 г.). В приложении 1 приведена характеристика пробных площадей (таблица 1.1), карта-схема заложения пробных площадей (где квадратами обозначены лесные площадки, кружками луговые, треугольниками степные) (рисунок 1.1), первичные материалы учетов (таблицы 1.2-1.3).

Выживание сосны на каждом биотопе изучалось в трех вариантах опыта: обрублены корни и зеленые части растений; удалена подстилка или ветошь (I); обрублены корни и зеленые части растений; участок перекопан на штык лопаты и в средней степени утрамбована (II); обрублены корни и зеленые части растений; подстилка выжжена паяльной лампой (III). Биотопы исследовались на трех разных участках; на каждом участке заложены три варианта эксперимента в трех повторностях (I, I, I; II, II, II, III, III, III) в поле. Каждая повторность (УП) имела размер  $100 \times 100 \text{ см}^2$ , в центре которой на участке  $25 \times 25 \text{ см}^2$  высевались по 100 семян сосны в пять рядов. Энергия прорастания считалась на 7 сут. после посева, всхожесть – на 10 и 14 дни. Последующие учеты проводились через 14-15 дней каждый, т.е. 2 раза в месяц. Всего за два периода вегетации проведены исследования на 162 учетных площадках (лесных, луговых и степных), высажено 16200 шт. семян сосны.

Статистическая обработка: закономерности динамики численности всходов сосны в ходе вегетации в разных типах местообитаний с погодными условиями анализировали с помощью корреляционного анализа. Данные об осадках и температуре воздуха с 2020 г. по 2024 г. брались с метеорологической станции Миасс (Приложение 2, таблицы 2.1-2.2).

## Выводы по второй главе

Ильменские горы представляют собой не просто типичный горный кряж, а сложный и разнообразный геологический комплекс. Здесь встречается широкий спектр горных пород – от щелочных миаскитов до метаморфических гнейсов и амфиболитов, что служит основой для формирования богатого ландшафтного многообразия.

Рельеф района разделяется на три основные зоны: горную, предгорную и депрессионную. Горный хребет с увалисто-холмистыми предгорьями сменяется низменной депрессией с многочисленными озерами и болотами, что создает уникальный природный облик региона.

Процесс почвообразования в Ильменском заповеднике дополнительно усложнен влиянием континентального климата, особенностями горного рельефа и разнообразием исходных горных пород. Эти факторы обуславливают существование большого количества различных типов почв на сравнительно небольшом пространстве территории заповедника, что подчеркивает его экологическую и геологическую уникальность.

Несмотря на то, что леса доминируют, занимая более 80 % территории, луга и степные участки играют важную роль в поддержании биоразнообразия и формировании уникальной экосистемы заповедника. Эти небольшие, но значимые островки степи вносят свой вклад в общую картину ландшафта, создавая неповторимое сочетание бореальных и лесостепных элементов.

Таким образом, Ильменские горы – это не просто горный массив, а сложная и динамичная экосистема, где геологическое строение, рельеф и почвенные процессы тесно переплетены, создавая уникальный уголок бореальной зоны, где сосновые и березовые леса формируют основу ландшафта. Однако, не стоит забывать и о значимом влиянии лесостепной зоны, которое выражается в постепенном оstepнении территории и формировании своеобразного растительного покрова.

## ГЛАВА 3. ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СОСНЫ В ИЛЬМЕНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

### 3.1 Выживаемость сеянцев сосны в различных биотопах в условиях Ильменского заповедника

На начальных годах эксперимента выявлено, что наиболее благоприятные условия для развития всходов сосны на начальных этапах формируются в луговых биотопах, где в сравнении с другими типами местообитаний энергия прорастания и всхожесть сеянцев выше независимо от года учета. Возможно, что в рассматриваемых условиях складываются самые оптимальные условия сочетания освещения, теплообеспеченности, влажности и богатства почвы (Приложение 1, таблицы 1.1-1.2)

Свойства субстрата («рыхлый» – «утрамбованный») мало влияют на общий характер выживаемости сеянцев сосны: в 2017 г. максимальная плотность наблюдалась в степных биотопах, в 2018 г. – лесных.

В условиях контролируемых выжиганий наилучшие показатели численности всходов к концу вегетации получены в лесных местообитаниях: в 2017 г. плотность сеянцев превосходила в 2 раза степные участки и в 9 раз луговые. В 2018 г. различия по плотности были менее выражены и составляли с луговыми в 1,5, а со степными в 2,7 раза. Возможно, послепожарное возобновление сосны на безлесных участках затруднено в результате восстановления ксерофильных плотнодерновинных и мезофильных рыхлодерновинных злаков, препятствующих прорастанию и выживанию сеянцев сосны. Доступность зольных элементов, формирующаяся в результате выгорания ветоши на лугу и в степи, способствует быстрому увеличению проективного покрытия доминирующих трав.

По данным выживаемости сеянцев 2017 г. сосны обыкновенной (таблица 2) можно сделать следующие выводы.

В лесных биотопах («Лес 1», «Лес 2», «Лес 3») наблюдается сохранение части сосен с 2017 г. по 2024 г., хотя численность их значительно снизилась. Особенно заметно снижение на II и III площадках (II площадка – перекопана, утрамбована; III площадка – выжжена паяльной лампой) леса и лугов, где к 2024 г. сосен почти не осталось или их количество минимально;

В биотопах лугов и степей выживаемость сосны значительно ниже. Уже к 2020 г. на большинстве площадок лугов и особенно степей численность сосны упала до нуля или близка к нему, что говорит о крайне низкой приспособленности сосны к этим типам биотопов;

Таблица 2 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в разных биотопах в ходе натурного эксперимента, 2017 г.

| Биотоп | Площадка     | Год  |      |      |      |      |      |
|--------|--------------|------|------|------|------|------|------|
|        |              | 2017 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| I      | 2            | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Лес 1  | I площадка   | 45   | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    |
|        | II площадка  | 73   | 20   | 11   | 11   | 6    | 6    |
|        | III площадка | 68   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Лес 2  | I площадка   | 46   | 12   | 11   | 11   | 0    | 0    |
|        | II площадка  | 68   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|        | III площадка | 95   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Лес 3  | I площадка   | 51   | 27   | 15   | 15   | 12   | 11   |
|        | II площадка  | 20   | 13   | 10   | 10   | 8    | 7    |
|        | III площадка | 80   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Луг 1  | I площадка   | 45   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|        | II площадка  | 10   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|        | III площадка | 14   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Луг 2  | I площадка   | 90   | 13   | 10   | 10   | 7    | 6    |
|        | II площадка  | 105  | 22   | 9    | 9    | 9    | 6    |
|        | III площадка | 9    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

Окончание таблицы 2

| <i>I</i> | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Луг 3    | I площадка   | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|          | II площадка  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|          | III площадка | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 1  | I площадка   | 114      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|          | II площадка  | 152      | 4        | 2        | 0        | 0        | 0        |
|          | III площадка | 49       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 2  | I площадка   | 165      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|          | II площадка  | 125      | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|          | III площадка | 70       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 3  | I площадка   | 156      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|          | II площадка  | 107      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|          | III площадка | 41       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

**Примечание:**  
в таблице цветом выделены площадки, в которых к 2024 г. присутствуют выжившие саженцы сосны

Наиболее устойчивыми к условиям среды оказались первые и вторые площадки лесных («Лес 1», рисунок 1) и («Лес 3», рисунок 2) и лугового биотопов («Луг 2», рисунок 3), где часть сосен уцелела даже к 2024 г. Наименее устойчивыми к условиям среды оказались третья площадки на всех биотопах, где к 2024 г. ни осталось ни одного саженца. Всего на 2024 г. осталось 6 из 27 площадок восьмилетних саженцев.

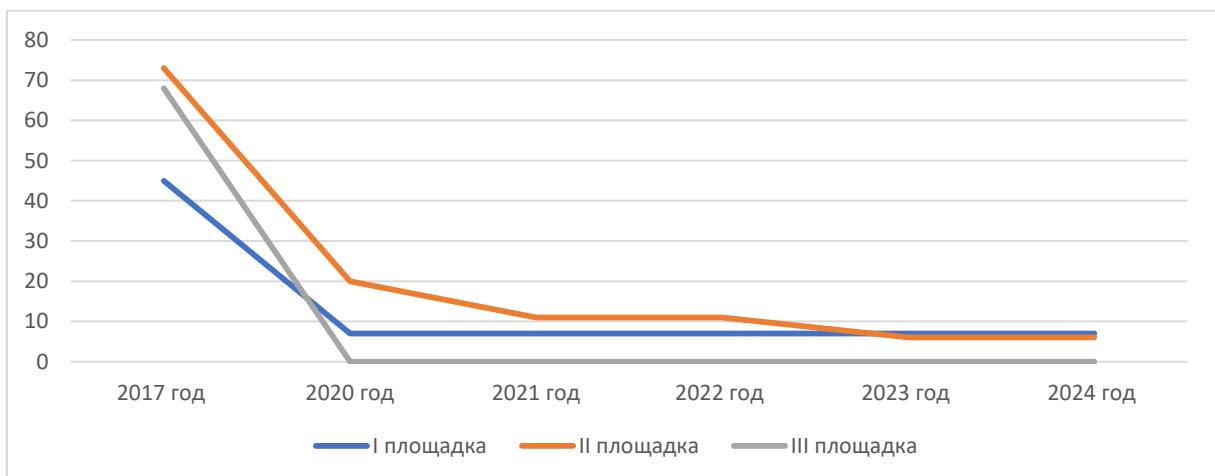


Рисунок 1 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 1», 2017 г.

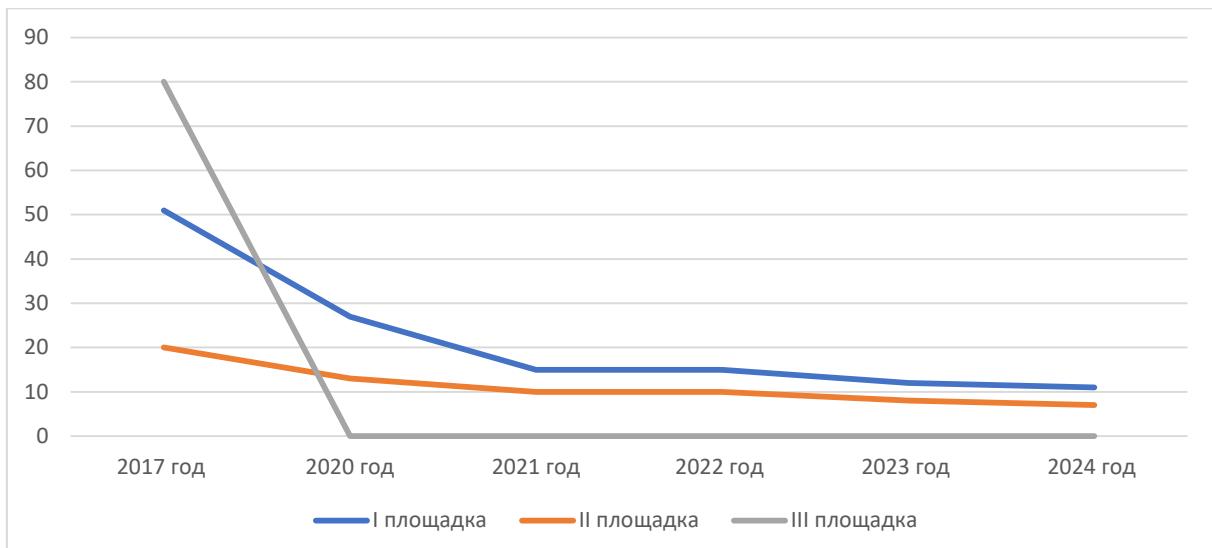


Рисунок 2 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 3», 2017 г.

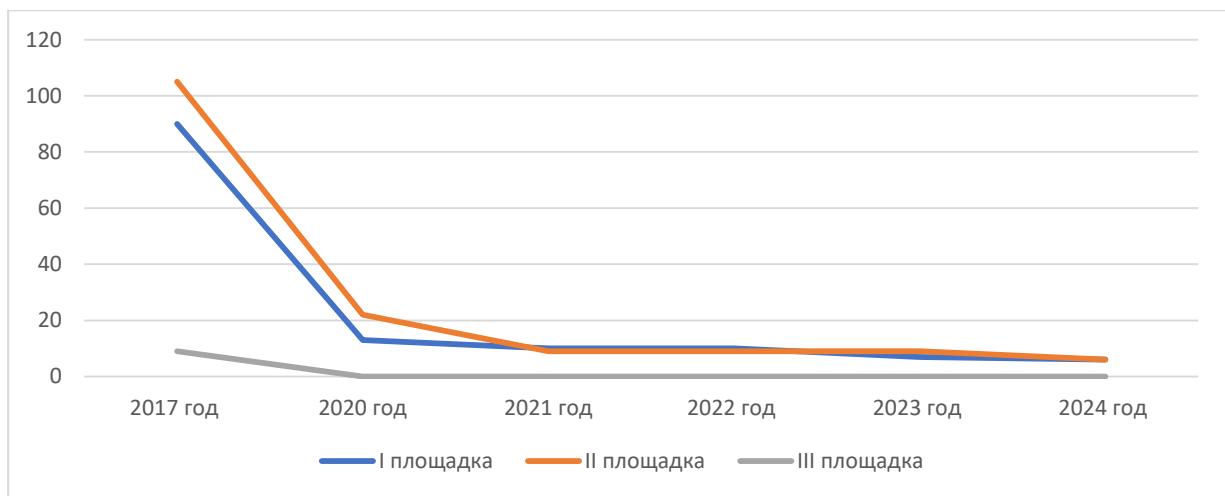


Рисунок 3 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Луг 2», 2017 г.

По таблице выживаемости сеянцев 2018 г. сосны обыкновенной (таблица 3) можно сделать следующие выводы:

В лесном биотопе, (а именно «Лес 1»), наблюдается лучшая выживаемость сосны, по сравнению с другими биотопами. На I и III площадках наблюдается не резкое снижение численности сосны, но не полное вымирание. На II площадке сохраняется устойчивое количество вплоть до 2024 г.

В «Лес 2» и «Лес 3» выживаемость сосны значительно ниже, чем в «Лес 1». К 2024 г. саженцы практически на всех площадках отсутствуют,

кроме I и III площадках в «Лес 2», где на 2024 г. сохраняется небольшое количество сосен.

Луга демонстрируют средний уровень выживаемости. Во всех луговых биотопах наблюдается сокращение числа саженцев. Больше всего это заметно на «Луг 2» и «Луг 3». В разных биотопах наблюдается полное вымирание саженцев на разных площадках. Лучшая выживаемость наблюдается в «Луг 1» на I и II площадках. Также присутствуют на II площадке «Луг 2» и на III площадке «Луг 3».

Таблица 3 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в разных биотопах в ходе натурного эксперимента, 2018 г.

| Биотоп | Площадка     | Год  |      |      |      |      |      |
|--------|--------------|------|------|------|------|------|------|
|        |              | 2017 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| I      | 2            | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Лес 1  | I площадка   | 112  | 19   | 18   | 16   | 14   | 12   |
|        | II площадка  | 112  | 28   | 25   | 25   | 25   | 25   |
|        | III площадка | 96   | 22   | 15   | 15   | 12   | 11   |
| Лес 2  | I площадка   | 63   | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    |
|        | II площадка  | 18   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|        | III площадка | 63   | 10   | 3    | 3    | 2    | 1    |
| Лес 3  | I площадка   | 105  | 26   | 2    | 2    | 2    | 0    |
|        | II площадка  | 49   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|        | III площадка | 88   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Луг 1  | I площадка   | 107  | 17   | 13   | 13   | 13   | 5    |
|        | II площадка  | 41   | 3    | 1    | 1    | 1    | 1    |
|        | III площадка | 87   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Луг 2  | I площадка   | 94   | 64   | 43   | 43   | 12   | 0    |
|        | II площадка  | 54   | 40   | 22   | 22   | 14   | 2    |
|        | III площадка | 8    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Луг 3  | I площадка   | 15   | 3    | 2    | 2    | 2    | 0    |
|        | II площадка  | 61   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
|        | III площадка | 72   | 4    | 4    | 4    | 4    | 3    |

Окончание таблицы 3

| <i>I</i>                                                                                    | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Степь 1                                                                                     | I площадка   | 27       | 2        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | II площадка  | 55       | 3        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | III площадка | 30       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 2                                                                                     | I площадка   | 78       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | II площадка  | 25       | 3        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | III площадка | 37       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 3                                                                                     | I площадка   | 45       | 6        | 5        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | II площадка  | 30       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | III площадка | 36       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>Примечание:</b>                                                                          |              |          |          |          |          |          |          |
| в таблице цветом выделены площадки, в которых к 2024 г. присутствуют выжившие саженцы сосны |              |          |          |          |          |          |          |

Выживаемость сосны в степных биотопах практически отсутствует или равна нулю на всех площадках с самого начала наблюдений. Это говорит о крайне неблагоприятных условиях для сосны в степи.

Наиболее устойчивыми к условиям среды оказались площадки лесных («Лес 1», рисунок 4) и («Лес 2», рисунок 5) и лугового биотопов («Луг 1», рисунок 6). Всего на 2024 г. осталось 9 из 27 площадок семилетних саженцев, что на 3 площадки больше, чем восьмилетних.

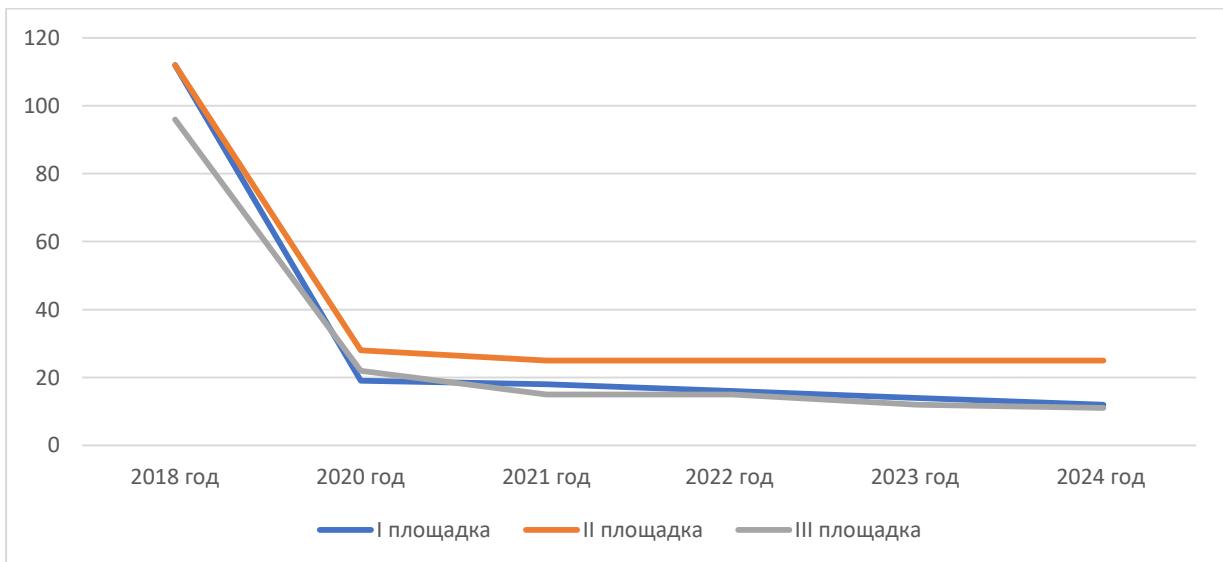


Рисунок 4 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 1», 2018 г.

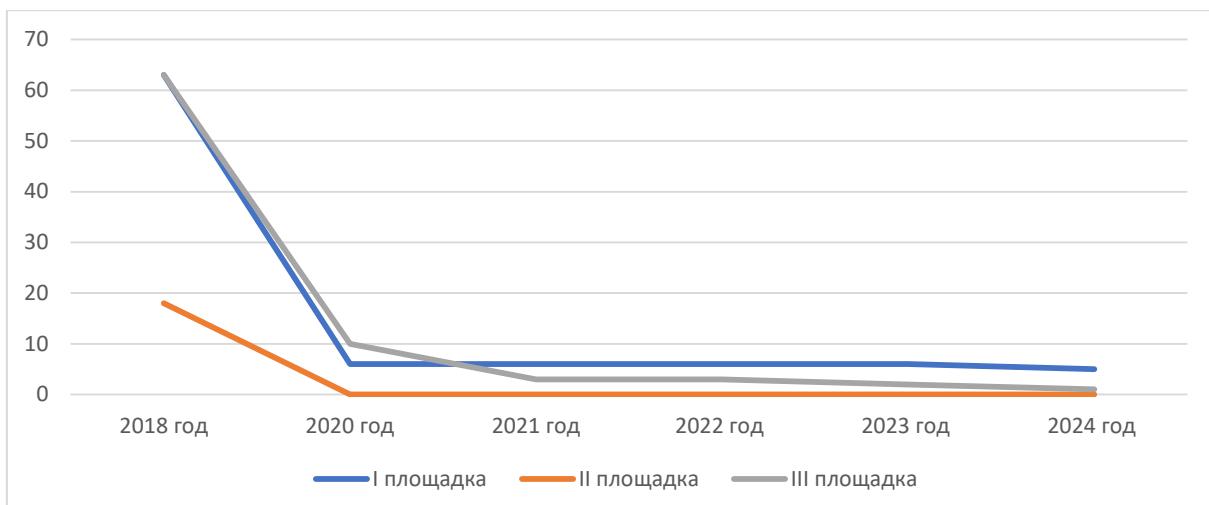


Рисунок 5 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 2», 2018 г.

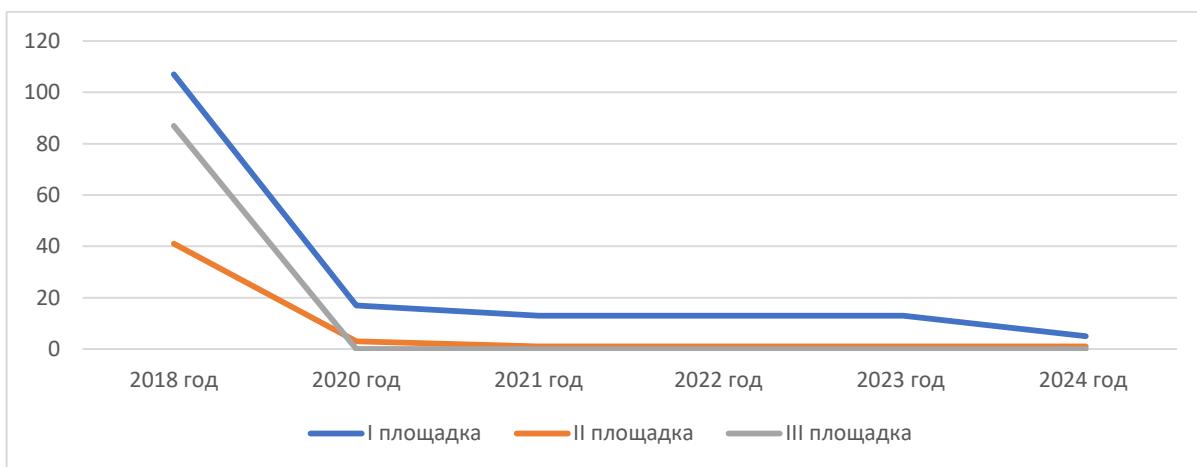


Рисунок 6 – Численность сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Луг 1», 2018 г.

### 3.2 Характеристика годичного прироста всходов и подроста сосны в различных биотопах в условиях Ильменского заповедника

По данным среднего годичного прироста сеянцев 2017 г. сосны обыкновенной (таблица 4) можно сделать следующие выводы:

Исходя из полученных данных, можем сказать, что свойство субстрата («рыхлый» – «утрамбованный») мало влияют на общий характер среднего прироста сосны. Так как в разных биотопах он варьируется по-разному. Что нельзя сказать про III площадки, где подстилка была выжжена паяльной лампой. В них полностью отсутствуют выжившие саженцы сосны, поэтому прирост в них отсутствует.

Таблица 4 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной (см), 2017 г.

| Биотоп  | Площадка     | Год   |       |       |       |       |
|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         |              | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  |
| I       | 2            | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Лес 1   | I площадка   | 9,94  | 15,35 | 15,35 | 5,1   | 9,27  |
|         | II площадка  | 7,64  | 6,44  | 6,44  | 3,28  | 6,18  |
|         | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Лес 2   | I площадка   | 4,23  | 4,86  | 4,86  | 0     | 0     |
|         | II площадка  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|         | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Лес 3   | I площадка   | 8,73  | 7,95  | 7,95  | 6,91  | 14,15 |
|         | II площадка  | 3,5   | 9,33  | 9,33  | 3,37  | 20,36 |
|         | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Луг 1   | I площадка   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|         | II площадка  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|         | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Луг 2   | I площадка   | 22,65 | 24,5  | 24,5  | 11,26 | 15,78 |
|         | II площадка  | 25,66 | 29,44 | 29,44 | 12,48 | 10,68 |
|         | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Луг 3   | I площадка   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|         | II площадка  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|         | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Степь 1 | I площадка   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|         | II площадка  | 20,8  | 28,2  | 0     | 0     | 0     |
|         | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

*Окончание таблицы 4*

| <i>I</i>                                                                                                          | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Степь 2                                                                                                           | I площадка   | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                                                   | II площадка  | 9,8      | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                                                   | III площадка | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 3                                                                                                           | I площадка   | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                                                   | II площадка  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                                                   | III площадка | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>Примечание:</b><br>в таблице цветом выделены площадки, в которых к 2024 г. присутствуют выжившие саженцы сосны |              |          |          |          |          |          |

Основной прирост сосны наблюдается в биотопах («Лес 1», рисунок 7), («Лес 3», рисунок 8), («Луг 2», рисунок 9). В остальных биотопах, таких как «Лес 2», «Степь 1» прирост заканчивается в 2021 г. – 2022 г. А также в оставшихся биотопах прирост нулевой, по причине отсутствия в них выживших саженцев.

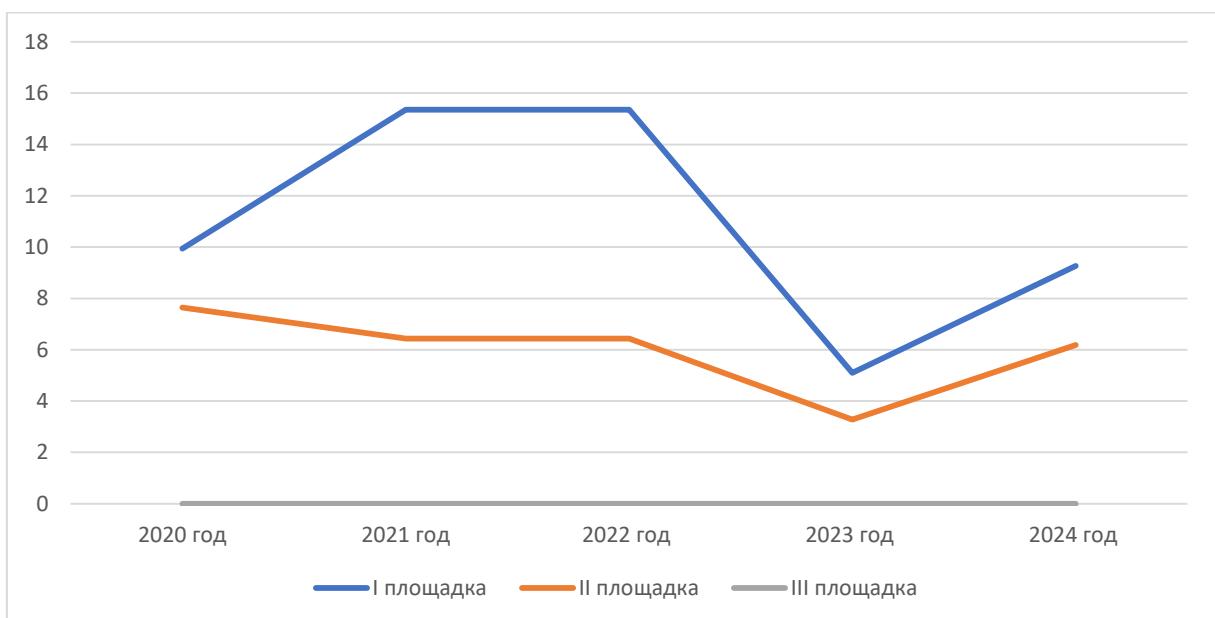


Рисунок 7 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 1», 2017 г.

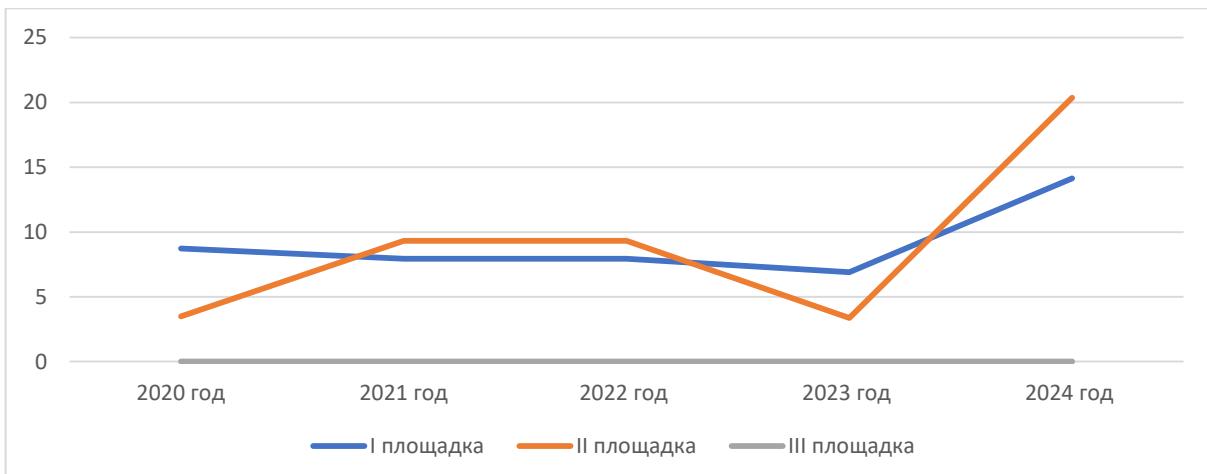


Рисунок 8 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 3», 2017 г.

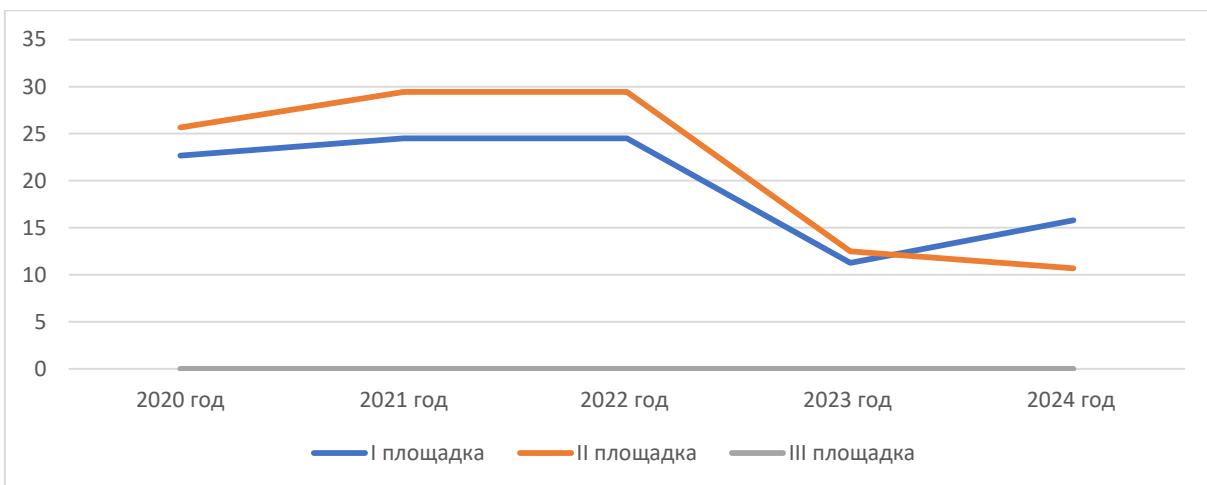


Рисунок 9 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Луг 2», 2017 г.

С помощью корреляционного анализа нам удалось выявить закономерную зависимость изменений среднего годового прироста сосны обыкновенной от климатических факторов. В частности, прирост в 2021 г. и 2022 г. заметно увеличился, что связано с благоприятными погодными условиями – оптимальным сочетанием температуры и количества осадков. Напротив, в 2023 г. наблюдается закономерное снижение прироста, которое также можно объяснить изменениями климатических показателей в этот период. Данные об осадках и температуре воздуха с 2020 г. по 2024 г. брались с метеорологической станции Миасс (Приложение 2, таблицы 2.1-2.2).

В диапазоне значений по разным биотопам и площадкам наблюдается как положительная корреляция, так и отрицательная. Где положительная

корреляция означает, что большое количество осадков оказывает благоприятное воздействие на прирост сосны, а отрицательная означает, что малое количество осадков благоприятно влияет на прирост. Аналогично с температурой.

По данным коэффициента корреляции между количеством осадков и приростом сеянцев 2017 г. сосны обыкновенной (таблица 5) можно сделать следующие выводы.

В лесном биотопе, стабильная положительная корреляция наблюдается в марте (0,71-0,92) и немного в июне (0,87-0,94), что говорит о том, что осадки в весенне-летний период благоприятно влияют на прирост сосны. В то же время в августе и сентябре наблюдается отрицательная корреляция (до -0,98), указывающая на то, что в осенний период для хорошего прироста не нужно большое количество осадков.

В луговом биотопе корреляция выглядит также, как и в лесном. Положительная корреляция в марте и отрицательная в августе. В степном биотопе, корреляция ничего нам не показала, так как на площадках отсутствуют саженцы сосны, либо они вымерли в определенные годы.

Также по данным коэффициента корреляции между температурой и приростом сеянцев 2017 г. сосны обыкновенной (таблица 6) можем видеть, что низкие температуры в марте и наоборот высокие температуры в августе, способствуют хорошему приросту сеянцев, это наблюдается на площадках в лесных и луговом биотопах. А высокие температуры в начале и в конце осени, отрицательно воздействуют на прирост. Отрицательная корреляция в сентябре и ноябре показывает, что ранней и поздней осенью желательны низкие температуры для того, чтобы сосна подготовилась к зиме и вошла в «зимний покой».

Таблица 5 – Коэффициент корреляции между количеством осадков и приростом сеянцев сосны обыкновенной, 2017 г.

Окончание таблицы 5

| <i>1</i> | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i>    | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i>    | <i>11</i> | <i>12</i> | <i>13</i>    | <i>14</i> |
|----------|--------------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| Луг 2    | I площадка   | 0,15     | -0,38    | <b>0,92</b> | 0,02     | 0,36     | -0,27    | -0,39    | <b>-0,84</b> | -0,11     | -0,17     | -0,24        | -0,71     |
|          | II площадка  | -0,11    | -0,64    | <b>0,89</b> | -0,12    | 0,16     | -0,53    | -0,67    | <b>-0,80</b> | 0,20      | -0,02     | -0,05        | -0,47     |
|          | III площадка | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
| Луг 3    | I площадка   | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
|          | II площадка  | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
|          | III площадка | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
| Степь 1  | I площадка   | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
|          | II площадка  | 0,19     | -0,01    | 0,50        | -0,53    | -0,34    | -0,60    | -0,29    | -0,40        | -0,21     | 0,63      | <b>-0,72</b> | -0,26     |
|          | III площадка | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
| Степь 2  | I площадка   | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
|          | II площадка  | -0,38    | 0,12     | 0,56        | 0,38     | -0,52    | -0,50    | 0,16     | 0,28         | -0,33     | 0,01      | -0,45        | -0,52     |
|          | III площадка | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
| Степь 3  | I площадка   | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
|          | II площадка  | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |
|          | III площадка | -        | -        | -           | -        | -        | -        | -        | -            | -         | -         | -            | -         |

Таблица 6 – Коэффициент корреляции между температурой и приростом сеянцев. сосны обыкновенной, 2017 г.

| Биотоп | Площадка     | Месяц  |         |       |        |       |       |       |        |          |         |        |         |
|--------|--------------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|----------|---------|--------|---------|
|        |              | Январь | Февраль | Март  | Апрель | Май   | Июнь  | Июль  | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь |
| 1      | 2            | 3      | 4       | 5     | 6      | 7     | 8     | 9     | 10     | 11       | 12      | 13     | 14      |
| Лес 1  | I площадка   | -0,49  | -0,11   | -0,84 | -0,17  | 0,07  | 0,21  | -0,51 | 0,80   | -0,86    | 0,03    | -0,78  | 0,13    |
|        | II площадка  | 0,04   | 0,41    | -0,17 | -0,28  | -0,05 | 0,09  | -0,10 | 0,30   | -0,55    | -0,04   | -0,74  | 0,45    |
|        | III площадка | -      | -       | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -        | -       | -      | -       |
| Лес 2  | I площадка   | 0,05   | 0,24    | -0,51 | -0,66  | 0,38  | -0,23 | 0,03  | 0,87   | -0,84    | 0,51    | -0,84  | -0,18   |
|        | II площадка  | -      | -       | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -        | -       | -      | -       |
|        | III площадка | -      | -       | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -        | -       | -      | -       |
| Лес 3  | I площадка   | -0,41  | -0,08   | 0,10  | 0,75   | -0,66 | 0,65  | -0,53 | -0,63  | 0,28     | -0,91   | 0,15   | 0,87    |
|        | II площадка  | -0,78  | -0,36   | -0,32 | 0,86   | -0,66 | 0,80  | -0,85 | -0,35  | 0,05     | -0,97   | 0,06   | 0,81    |
|        | III площадка | -      | -       | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -        | -       | -      | -       |
| Луг 1  | I площадка   | -      | -       | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -        | -       | -      | -       |
|        | II площадка  | -      | -       | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -        | -       | -      | -       |
|        | III площадка | -      | -       | -     | -      | -     | -     | -     | -      | -        | -       | -      | -       |

*Окончание таблицы 6*

| <i>1</i> | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> | <i>12</i> | <i>13</i> | <i>14</i> |
|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Луг 2    | I площадка   | -0,12    | 0,20     | -0,57    | -0,47    | 0,21     | -0,03    | -0,17    | 0,78      | -0,85     | 0,27      | -0,88     | 0,06      |
|          | II площадка  | 0,02     | 0,19     | -0,55    | -0,66    | 0,40     | -0,24    | 0,02     | 0,90      | -0,84     | 0,54      | -0,82     | -0,25     |
|          | III площадка | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
| Луг 3    | I площадка   | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
|          | II площадка  | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
|          | III площадка | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
| Степь 1  | I площадка   | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
|          | II площадка  | 0,26     | -0,14    | 0,04     | -0,70    | 0,80     | 0,16     | 0,11     | 0,63      | -0,79     | 0,29      | -0,19     | 0,21      |
|          | III площадка | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
| Степь 2  | III площадка | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
|          | I площадка   | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
|          | II площадка  | 0,84     | 0,75     | 0,61     | -0,65    | 0,25     | -0,49    | 0,73     | -0,07     | -0,01     | 0,45      | -0,29     | -0,02     |
| Степь 3  | III площадка | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
|          | I площадка   | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |
|          | II площадка  | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -         | -         | -         | -         |

По таблице среднего годичного прироста сеянцев 2018 г. сосны обыкновенной (таблица 7) можно сделать следующие выводы:

Также как и с саженцами 2017 г., можем сказать, что свойство субстрата («рыхлый» – «утрамбованный») мало влияют на общий характер среднего прироста сосны. Так как в разных биотопах и площадках значения варьируются по-разному и не наблюдается никакой зависимости. Также сложно сказать и про III площадку, так как в «Лес 1» и «Луг 3» на этих площадках присутствуют саженцы сосны даже в 2024 г.

Таблица 7 – Среднегодичный прирост сеянцев. сосны обыкновенной (см), 2018 г.

| Биотоп | Площадка     | Год   |       |       |      |       |
|--------|--------------|-------|-------|-------|------|-------|
|        |              | 2020  | 2021  | 2022  | 2023 | 2024  |
| I      | 2            | 3     | 4     | 5     | 6    | 7     |
| Лес 1  | I площадка   | 5,28  | 6,22  | 6,22  | 4    | 4,25  |
|        | II площадка  | 4     | 5,47  | 5,45  | 2,41 | 3,98  |
|        | III площадка | 6,78  | 10,44 | 10,66 | 3,92 | 6,9   |
| Лес 2  | I площадка   | 4,96  | 4,96  | 4,96  | 4,96 | 3,26  |
|        | II площадка  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     |
|        | III площадка | 5,93  | 7,37  | 7,37  | 2    | 2,2   |
| Лес 3  | I площадка   | 6,36  | 9,75  | 9,75  | 10,5 | 0     |
|        | II площадка  | 6,7   | 0     | 0     | 0    | 0     |
|        | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     |
| Луг 1  | I площадка   | 10,62 | 14,42 | 15,25 | 8,11 | 8,94  |
|        | II площадка  | 10,13 | 9,4   | 9,4   | 3,2  | 8,7   |
|        | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     |
| Луг 2  | I площадка   | 14,77 | 18,16 | 18,19 | 4,34 | 0     |
|        | II площадка  | 11,61 | 17,3  | 17,3  | 6,12 | 9,76  |
|        | III площадка | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     |
| Луг 3  | I площадка   | 6,63  | 27    | 27    | 5    | 0     |
|        | II площадка  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     |
|        | III площадка | 11,48 | 23,8  | 23,8  | 4,35 | 12,83 |

Окончание таблицы 7

| <i>I</i>                                                                                    | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Степь 1                                                                                     | I площадка   | 13,9     | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | II площадка  | 15,2     | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | III площадка | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 2                                                                                     | I площадка   | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | II площадка  | 10,9     | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | III площадка | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Степь 3                                                                                     | I площадка   | 11,03    | 21,38    | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | II площадка  | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
|                                                                                             | III площадка | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>Примечание:</b>                                                                          |              |          |          |          |          |          |
| в таблице цветом выделены площадки, в которых к 2024 г. присутствуют выжившие саженцы сосны |              |          |          |          |          |          |

Основной прирост сосны наблюдается в биотопах («Лес 1», рисунок 10), («Лес 2», рисунок 11), («Луг 1», рисунок 12), («Луг 2», рисунок 13) и («Луг 3», рисунок 14). В степных биотопах прирост либо полностью отсутствует, либо заканчивается в 2020 г.–2021 г.

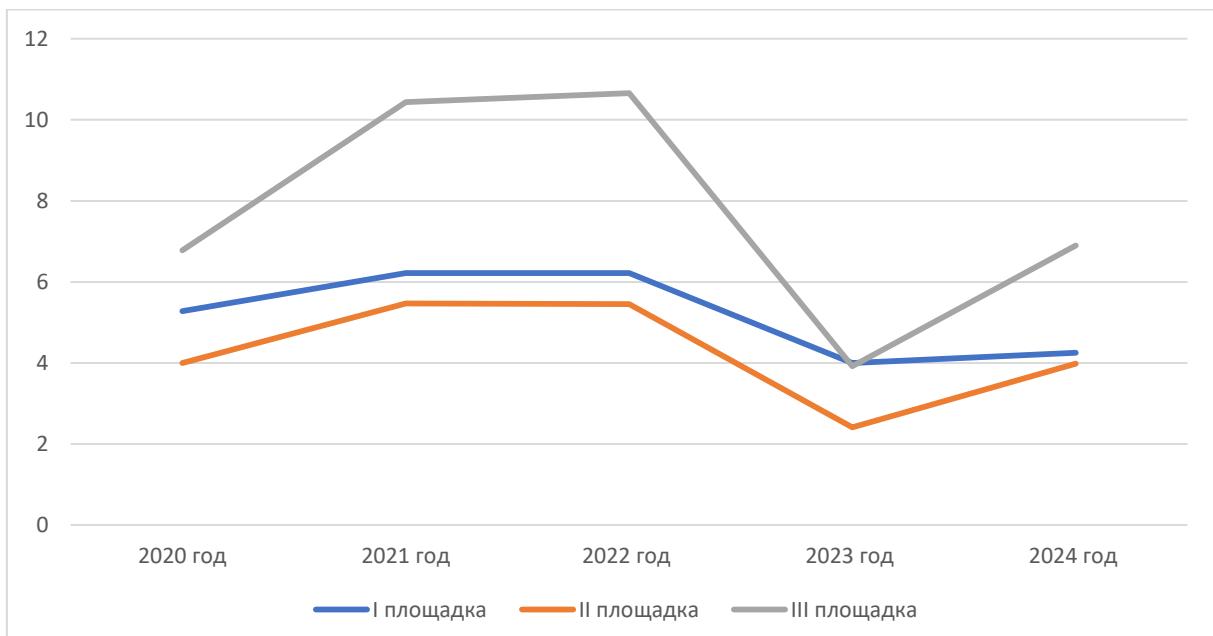


Рисунок 10 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 1», 2018 г.

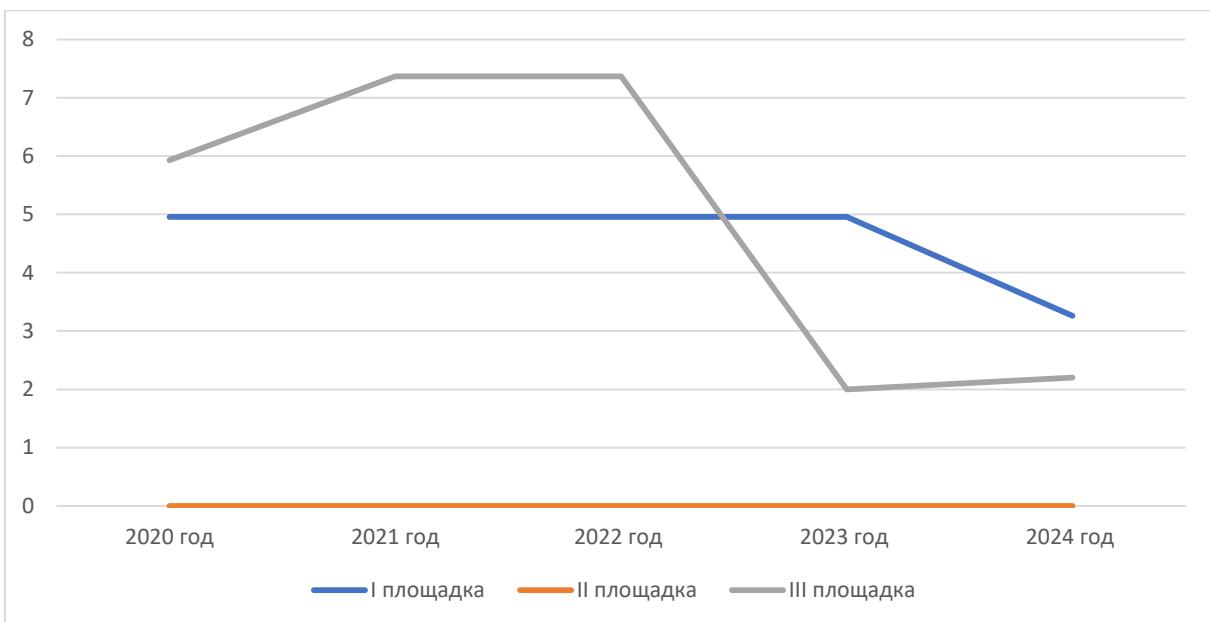


Рисунок 11 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Лес 2», 2018 г.

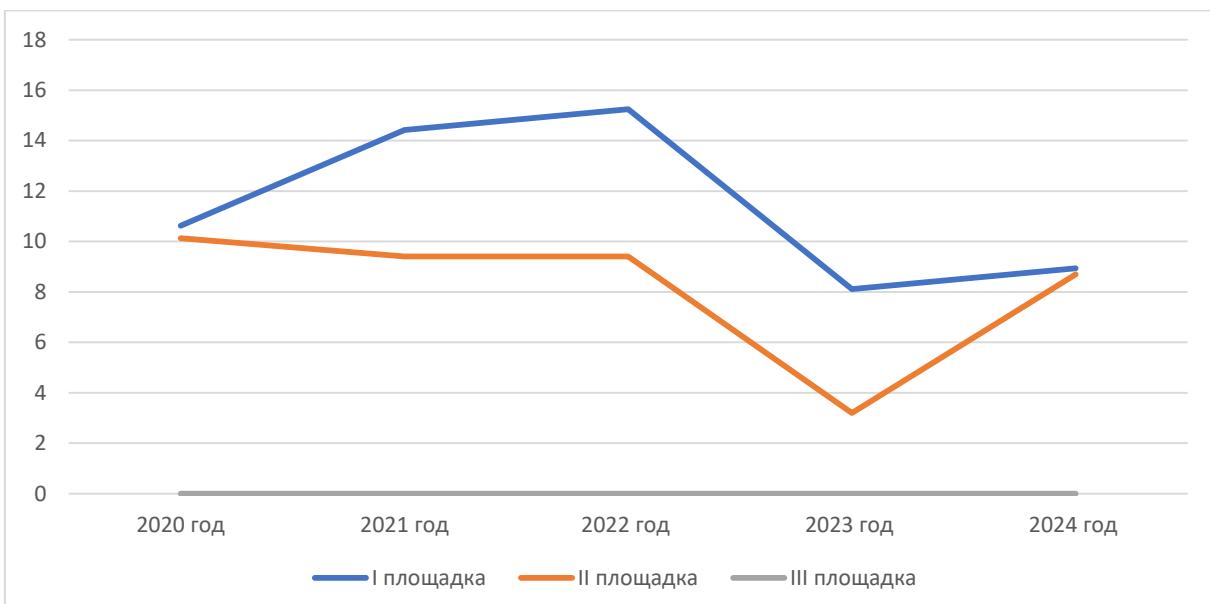


Рисунок 12 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Луг 1», 2018 г.

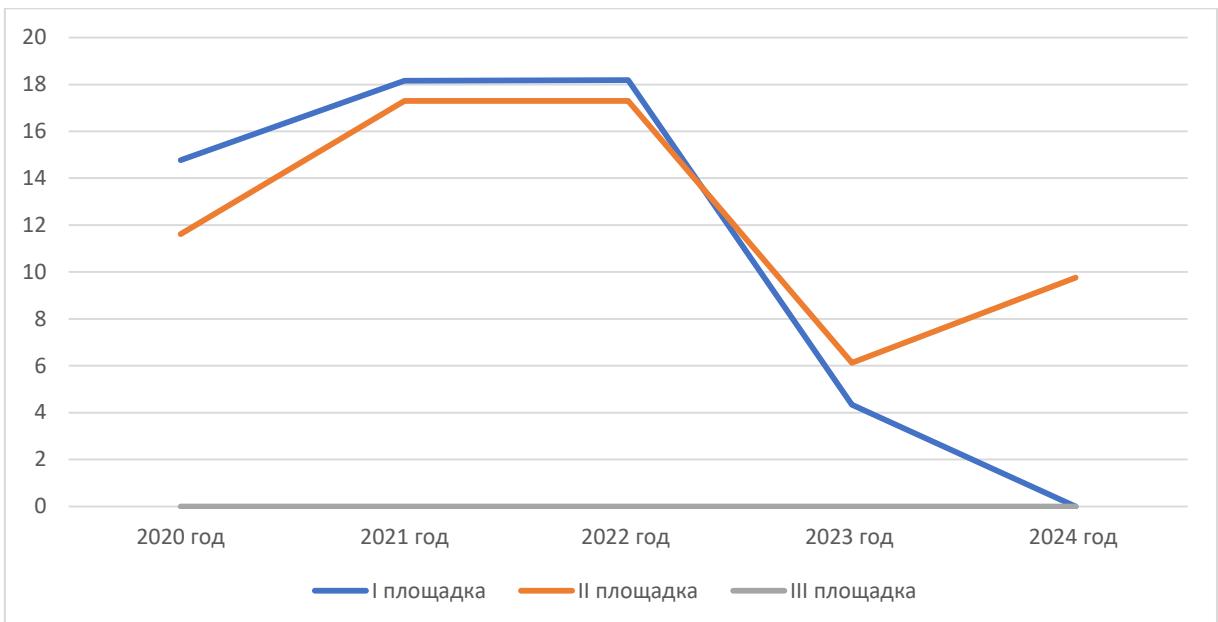


Рисунок 13 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Луг 2», 2018 г.

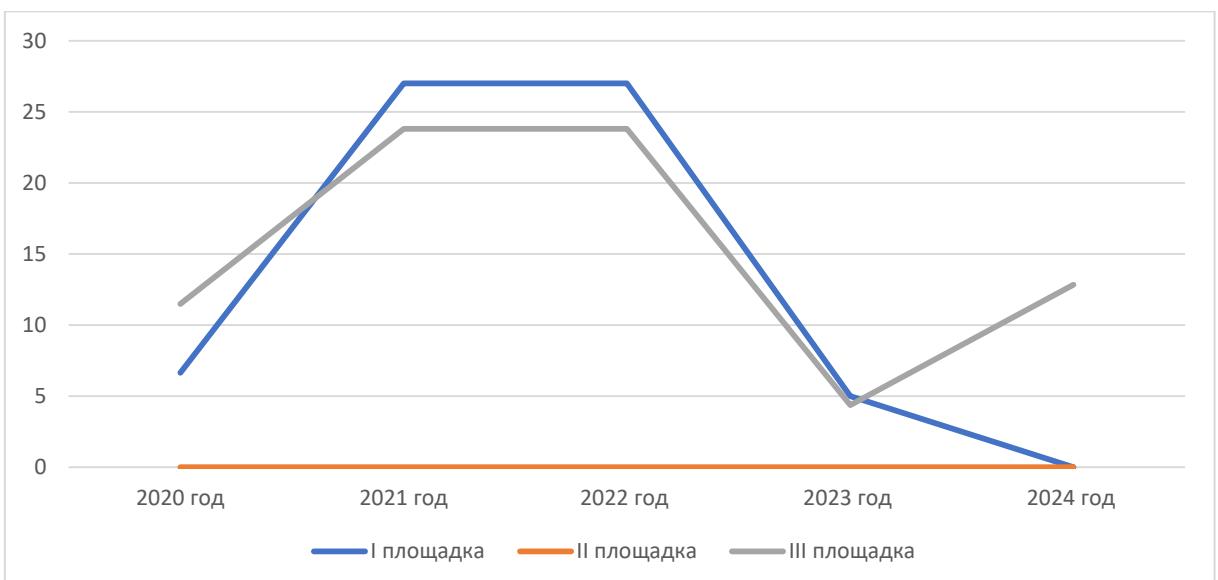


Рисунок 14 – Среднегодичный прирост сеянцев сосны обыкновенной на учетных площадках в биотопе «Луг 3», 2018 г.

По данным коэффициента корреляции между количеством осадков и приростом сеянцев 2018 г. сосны обыкновенной (таблица 8) можно сделать следующие выводы:

Во всех биотопах стабильная положительная корреляция наблюдается в марте (0,67-0,88), что говорит о том, что осадки ранней весной благоприятно влияют на прирост сосны. В то же время в августе наблюдается стабильная отрицательная корреляция (0,82-0,99),

указывающая на то, что в конце лета для хорошего прироста не нужно большое количество осадков, так как сосна готовится входить в осень. В зимние месяцы тоже просматривается местами отрицательная корреляция, показывающая, что во время «зимнего покоя» большое количество осадков будет плохо влиять на перезимовку.

В степной биотопе, корреляция ничего нам не показала, так как на площадках отсутствуют саженцы сосны, либо они вымерли в определенные годы.

Также по данным коэффициента корреляции между температурой и приростом сеянцев 2018 г. сосны обыкновенной (таблица 9) стабильная отрицательная корреляция наблюдается в марте (0,72-0,87), в сентябре (0,82-0,89) и в ноябре (0,73-0,82). Это показывает, что низкие температуры ранней весной и осенью положительно сказываются на приросте сосны. Осенью низкие температуры, позволяют сосне благополучно войти в состояние покоя перед зимой. Ранняя весна с низкими температурами и большим количеством осадков – это снежный покров после «зимнего покоя», который защищает сосну от ярких солнечных лучей. Стабильная положительная корреляция наблюдается в конце лета в августе (0,70-0,94).

Также как и с восьмилетними саженцами сосны мы видим, что с 2020 г. по 2022 г., наблюдается возрастание прироста сосны, так как в эти годы температура в весенний период была низкая, а в августе и сентябре наоборот высокая, по сравнению с другими. Количество осадков в весенний период было много, а в осенний наоборот мало. А спад прироста в 2023 г. связан с тем, что температура в марте стала выше, а в августе ниже, чем в предыдущих. Количество осадков на осенний период, оказалось значительно больше, чем во всех

Таблица 8 – Коэффициент корреляции между количеством осадков и приростом сеянцев сосны обыкновенной, 2018 г.

Окончание таблицы 8

| <i>1</i> | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i>     | <i>5</i>    | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i>     | <i>10</i>    | <i>11</i> | <i>12</i> | <i>13</i> | <i>14</i> |
|----------|--------------|----------|--------------|-------------|----------|----------|----------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Луг 2    | I площадка   | -0,08    | -0,63        | <b>0,88</b> | -0,12    | 0,19     | -0,51    | -0,66        | <b>-0,82</b> | 0,20      | -0,03     | -0,05     | -0,48     |
|          | II площадка  | 0,29     | -0,45        | <b>0,74</b> | -0,13    | 0,56     | -0,11    | -0,48        | <b>-0,98</b> | 0,02      | -0,17     | -0,07     | -0,53     |
|          | III площадка | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |
| Луг 3    | I площадка   | 0,04     | <b>-0,74</b> | 0,57        | -0,34    | 0,38     | -0,31    | <b>-0,79</b> | <b>-0,92</b> | 0,44      | 0,01      | 0,22      | -0,14     |
|          | II площадка  | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |
|          | III площадка | 0,42     | -0,38        | 0,62        | -0,14    | 0,68     | 0,06     | -0,40        | <b>-0,99</b> | -0,02     | -0,21     | -0,05     | -0,49     |
| Степь 1  | I площадка   | -0,38    | 0,12         | 0,56        | 0,38     | -0,52    | -0,50    | 0,16         | 0,28         | -0,33     | 0,01      | -0,45     | -0,52     |
|          | II площадка  | -0,38    | 0,12         | 0,56        | 0,38     | -0,52    | -0,50    | 0,16         | 0,28         | -0,33     | 0,01      | -0,45     | -0,52     |
|          | III площадка | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |
| Степь 2  | I площадка   | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |
|          | II площадка  | -0,38    | 0,12         | 0,56        | 0,38     | -0,52    | -0,50    | 0,16         | 0,28         | -0,33     | 0,01      | -0,45     | -0,52     |
|          | III площадка | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |
| Степь 3  | I площадка   | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |
|          | II площадка  | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |
|          | III площадка | -        | -            | -           | -        | -        | -        | -            | -            | -         | -         | -         | -         |

Таблица 9 – Коэффициент корреляции между температурой и приростом сеянцев сосны обыкновенной, 2018 г.

| Биотоп | Площадка     | Месяц       |             |              |              |       |       |             |             |              |             |              |              |
|--------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------|-------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|        |              | Январь      | Февраль     | Март         | Апрель       | Май   | Июнь  | Июль        | Август      | Сентябрь     | Октябрь     | Ноябрь       | Декабрь      |
| 1      | 2            | 3           | 4           | 5            | 6            | 7     | 8     | 9           | 10          | 11           | 12          | 13           | 14           |
| Лес 1  | I площадка   | -0,23       | 0,03        | <b>-0,72</b> | -0,46        | 0,28  | -0,05 | -0,23       | <b>0,91</b> | <b>-0,89</b> | 0,34        | <b>-0,82</b> | -0,11        |
|        | II площадка  | -0,52       | -0,10       | <b>-0,82</b> | -0,11        | 0,01  | 0,27  | -0,55       | <b>0,74</b> | <b>-0,84</b> | -0,06       | <b>-0,78</b> | 0,23         |
|        | III площадка | -0,55       | -0,13       | <b>-0,87</b> | -0,10        | 0,01  | 0,25  | -0,56       | <b>0,77</b> | <b>-0,83</b> | -0,03       | <b>-0,77</b> | 0,15         |
| Лес 2  | I площадка   | 0,48        | 0,20        | -0,10        | <b>-0,86</b> | 0,68  | -0,68 | 0,56        | <b>0,70</b> | -0,39        | <b>0,95</b> | -0,31        | <b>-0,81</b> |
|        | II площадка  | -           | -           | -            | -            | -     | -     | -           | -           | -            | -           | -            | -            |
|        | III площадка | -0,07       | 0,15        | -0,61        | -0,58        | 0,34  | -0,16 | -0,08       | <b>0,90</b> | <b>-0,87</b> | 0,45        | <b>-0,84</b> | -0,16        |
| Лес 3  | I площадка   | 0,21        | -0,07       | -0,28        | -0,63        | 0,61  | -0,53 | 0,34        | <b>0,70</b> | -0,34        | <b>0,82</b> | -0,16        | <b>-0,84</b> |
|        | II площадка  | <b>0,84</b> | <b>0,75</b> | 0,61         | -0,65        | 0,25  | -0,49 | <b>0,73</b> | -0,07       | -0,01        | 0,45        | -0,29        | -0,02        |
|        | III площадка | -           | -           | -            | -            | -     | -     | -           | -           | -            | -           | -            | -            |
| Луг 1  | I площадка   | -0,39       | -0,05       | <b>-0,85</b> | -0,30        | 0,15  | 0,00  | -0,36       | <b>0,88</b> | <b>-0,83</b> | 0,25        | <b>-0,80</b> | -0,14        |
|        | II площадка  | -0,16       | 0,28        | <b>-0,35</b> | -0,17        | -0,10 | 0,21  | -0,29       | 0,38        | -0,63        | -0,13       | <b>-0,77</b> | 0,49         |
|        | III площадка | -           | -           | -            | -            | -     | -     | -           | -           | -            | -           | -            | -            |

Окончание таблицы 9

| 1       | 2            | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    |
|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Луг 2   | I площадка   | 0,00  | 0,17  | -0,57 | -0,64 | 0,39 | -0,22 | -0,01 | 0,91  | -0,85 | 0,52  | -0,82 | -0,23 |
|         | II площадка  | -0,43 | -0,07 | -0,82 | -0,25 | 0,13 | 0,14  | -0,44 | 0,84  | -0,88 | 0,12  | -0,80 | 0,06  |
|         | III площадка | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Луг 3   | I площадка   | -0,38 | -0,21 | -0,85 | -0,34 | 0,30 | -0,03 | -0,32 | 0,94  | -0,82 | 0,35  | -0,63 | -0,29 |
|         | II площадка  | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|         | III площадка | -0,59 | -0,19 | -0,89 | -0,07 | 0,02 | 0,28  | -0,60 | 0,77  | -0,84 | -0,05 | -0,73 | 0,15  |
| Степь 1 | I площадка   | 0,84  | 0,75  | 0,61  | -0,65 | 0,25 | -0,49 | 0,73  | -0,07 | -0,01 | 0,45  | -0,29 | -0,02 |
|         | II площадка  | 0,84  | 0,75  | 0,61  | -0,65 | 0,25 | -0,49 | 0,73  | -0,07 | -0,01 | 0,45  | -0,29 | -0,02 |
|         | III площадка | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Степь 2 | I площадка   | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|         | II площадка  | 0,84  | 0,75  | 0,61  | -0,65 | 0,25 | -0,49 | 0,73  | -0,07 | -0,01 | 0,45  | -0,29 | -0,02 |
|         | III площадка | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Степь 3 | I площадка   | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|         | II площадка  | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|         | III площадка | -     | -     | -     | -     | -    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

## Выводы по третьей главе

На начальных этапах эксперимента было выявлено, что наиболее благоприятные условия для прорастания и развития всходов сосны создаются в луговых биотопах. Здесь энергия прорастания и всхожесть сеянцев стабильно превышают показатели других типов местообитаний вне зависимости от года наблюдений. В то же время, при проведении контролируемых выжиганий наилучшие результаты по численности всходов к концу вегетационного периода были зафиксированы в лесных местообитаниях.

В ходе дальнейшего развития эксперимента с 2017 г. по 2024 г. было выявлено, что наибольшую устойчивость среди восьмилетних к условиям среды проявили саженцы, посаженные на первых двух площадках: первая – с обрубленными корнями и удалённой подстилкой, вторая – с перекопанной и утрамбованной почвой. Эти площадки, расположенные в лесных и частично луговых биотопах, сохранили часть сосен даже к 2024 году. В то же время, наименее устойчивыми оказались саженцы на третьих площадках, подвергшихся выжиганию паяльной лампой, где к 2024 г. не осталось ни одного выжившего растения. В общем, из 27 площадок с восьмилетними саженцами к 2024 г. сохранились лишь 6.

В ходе дальнейшего наблюдения за семилетними саженцами, посаженными в 2018 г., обнаружено, что наибольшую устойчивость к условиям среды показали площадки лесных и частично луговых биотопов. К 2024 г. из 27 площадок семилетних саженцев сохранилось 9, что на 3 площадки больше, чем у восьмилетних саженцев. Такая разница, вероятно, связана с тем, что семилетние посадки моложе на год и находятся на чуть более ранней стадии развития. Можно предположить, что к концу 2025 г. статистика выживаемости семилетних саженцев сравняется с показателями восьмилетних, если условия останутся стабильными.

Также нами были проанализированы данные по среднему годичному приросту сосны. В результате анализа данных по среднему годичному приросту сосны выявлены важные закономерности, отражающие влияние климатических факторов. Основной прирост восьмилетних сосен наблюдается в биотопах «Лес 1», «Лес 3» и «Луг 2», тогда как в таких биотопах как «Лес 2» и «Степь 1» прирост снижается и практически прекращается к 2021 г. – 2022 г. В остальных биотопах прирост отсутствует из-за отсутствия выживших саженцев. Что касается семилетних сосен, то их главный прирост сосредоточен в биотопах «Лес 1», «Лес 2», «Луг 1», «Луг 2» и «Луг 3». В степных биотопах прирост либо отсутствует полностью, либо прекращается уже к 2020 г. – 2021 г.

Корреляционный анализ с использованием данных метеостанции Миасс показал четкую зависимость прироста сосны от климатических условий. Особенно примечательна стабильная положительная корреляция с осадками в марте, что свидетельствует о благоприятном влиянии ранневесенних осадков на рост. При этом в августе обнаруживается стабильная отрицательная корреляция с осадками, указывающая на то, что во второй половине лета избыток влаги неблагоприятен, так как сосна начинает готовиться к периоду покоя. В зимние месяцы также наблюдаются отрицательные корреляции, что говорит о том, что избыточные осадки могут негативно сказаться на перезимовке. Отмечена стабильная отрицательная корреляция температуры в марте, сентябре и ноябре – низкие температуры в это время способствуют укреплению роста сосны, обеспечивая благополучный вход в зимний покой и защиту от стрессов, в частности за счет снежного покрова в раннюю весну.

Интересно, что с 2020 г. по 2022 г. наблюдалось увеличение прироста сосны, что совпало с более прохладной весной и теплым поздним летом, а также с большим количеством весенних осадков и меньшим осенних. Падение прироста в 2023 г. связано с изменением климатических условий:

повышение температуры в марте, снижение августа и увеличение осадков в осенний период, что, по всей видимости, негативно сказалось на росте.

Исходя из полученных данных, можно сделать следующие ключевые выводы:

1. В результате нашего исследования мы подтвердили вывод, ранее отмеченный многими учёными, что среди различных биотопов самым устойчивым по выживанию сосны обыкновенной при её естественном возобновлении оказывается лес, что подчеркивает важность природной среды для успешного прорастания данного вида.

2. Свойства субстрата («рыхлый» или «утрамбованный») на начальных стадиях эксперимента оказывают минимальное влияние на общий характер прорастания сосны. В то же время, в условиях контролируемых выжиганий наблюдаются лучшие показатели численности всходов.

3. В процессе дальнейшего выживания сосны свойства субстрата также мало влияют на выживаемость, однако на площадках с контролируемым выжиганием сосна не выжила вовсе, что свидетельствует о значительной нагрузке на растения в таких условиях.

4. Не выявлено зависимости между средним годовым приростом сосны и свойствами субстрата. Вместе с тем, корреляционный анализ показал очевидную связь между приростом сосны и климатическими факторами, которые оказывают влияние на увеличение или снижение прироста.

Таким образом, данные исследования подчёркивают важную роль биотопных условий и сезонных климатических факторов в формировании динамики роста сосны, что важно учитывать при планировании и управлении лесными насаждениями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Урала изучение механизмов естественного возобновления лесов представляет собой важное направление, охватывающее широкий комплекс факторов – от климатических и почвенных условий до видового состава и генетического разнообразия лесных популяций. Особое внимание уделяется восстановлению хвойных лесов, в частности сосновых, которые наиболее уязвимы к воздействию внешних факторов. Опыт Ильменского заповедника, где огонь исторически формировал ландшафты, а также исследования постпожарного восстановления сосновых массивов играют ключевую роль в разработке эффективных стратегий лесоуправления. Понимание влияния огня на структуру и динамику лесных экосистем позволяет оптимизировать меры по лесовосстановлению и повысить устойчивость лесов к пожарам в будущем.

Применение мер содействия возобновлению леса требует индивидуального, комплексного подхода, учитывающего особенности конкретного участка и задачи лесопользования. Выбор метода возобновления и породы деревьев должен основываться на тщательном анализе лесоводственной ситуации с учётом почвенных, климатических и экосистемных факторов. Ильменские горы, являясь сложным геологическим и ландшафтным комплексом, благодаря разнообразию горных пород формируют уникальное биоразнообразие. Несмотря на преобладание лесов, луга и степные участки играют важную роль в поддержании экосистемного равновесия и разнообразия.

Нами был проведен натурный эксперимент на территории Ильменского заповедника, в ходе которого мы должны были провести учёты всходов сосны обыкновенной при различных вариантах воздействия на почвенно-растительный покров и в разных биотопах; дать оценку роли эдафических факторов, условий контролируемых выжиганий и

особенностей годичного цикла основных метеофакторов в естественном возобновлении сосны на территории заповедника; выбрать комплекс оптимальных факторов и способов посадки семян, необходимых для восстановления сосновых лесов в условиях Южного Урала.

Выводы натурного эксперимента: на начальных этапах эксперимента были выявлены наиболее благоприятные условия для прорастания и развития всходов сосны. В ходе дальнейших многолетних наблюдений с 2017 г. по 2024 г. было выявлено, что выживаемость восьмилетних саженцев сосны существенно ниже по сравнению с семилетними. Анализ среднего годичного прироста сосны и корреляция с климатическими данными показали важное влияние климатических факторов на рост. Особенно заметна положительная связь с осадками в марте, благоприятствующими подготовке к вегетационному периоду, и отрицательное влияние осадков в августе и в зимние месяцы. Отмечена стабильная отрицательная корреляция температуры в марте, сентябре и ноябре – низкие температуры в это время способствуют укреплению роста сосны, обеспечивая благополучный вход в зимний покой и защиту от стрессов.

Среди исследованных биотопов наиболее устойчивым по выживаемости сосны оказался лесной биотоп. Свойства субстрата (рыхлый или утрамбованный) имели минимальное влияние на прорастание и дальнейшую выживаемость саженцев, тогда как контролируемые выжигания создали чрезмерную нагрузку, значительно снижая выживаемость.

Выводы исследования подчёркивают, что биотопные условия и сезонные климатические факторы играют ключевую роль в динамике роста и выживаемости сосны обыкновенной. Учет этих факторов является важным элементом при планировании мероприятий по восстановлению и управлению лесными насаждениями, особенно в условиях изменяющегося климата.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арцибашев Е. С. Лесные пожары и борьба с ними / Е. С. Арцибашев. – Москва : Лесн. пром-сть, 1974. – 152 с.
2. Березин Б. А. Путеводитель по Ильменскому Государственному заповеднику : Миасс, Южный Урал, Челябинская область / Б. А. Березин. – Москва : Академия наук СССР, 1935. – 91 с.
3. Габдрахимов К. М. Экологическая продуктивность лесов / К. М. Габдрахимов. – Москва : МГУЛ, 2002. – 33 с.
4. Гордиенко Н. С. Современные тенденции изменений климата и биоты на Южном Урале / Н. С. Гордиенко // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Екатеринбург : ИГЗ УрБ РАН, 2017. – № 5. – С. 87–99.
5. Дубинин А. Е. Особенности горимости лесов и послепожарных последствий в Ильменском государственном заповеднике : автореф. дис. ... канд. с/х. наук : 06.03.03 / Дубинин Александр Евгеньевич ; Уральский гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2007. – 123 с.
6. Жариков С. С. Ильменский заповедник. / С. С. Жариков. – Челябинск : Челябинское книжное издательство, 1959. – С. 92–107.
7. Заварицкий А.Н. Геологический и петрографический очерк Ильменского минерального заповедника и его копей : объясн. записка / А. Н. Заварицкий. – Москва : Академия наук СССР, 1939. – 318 с.
8. Залесов С. В. Лесная пирология : учеб. пособие для вузов / Под общ. ред. Н. А. Луганского; С. В. Залесова. – Екатеринбург : УГЛТУ, 1998. – 296 с.
9. Левит А. И. Южный Урал : География, экология, природопользование : учебное пособие / А. Левит. – Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 2005 – 246 с.

10. Луганский Н. А. Лесоведение : учебн. пособие / Н. А. Луганский, С. В. Залесов, В. Н. Луганский. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т , 2010. – 432 с.
11. Луганская В. Д. Некоторые экологические особенности возобновления сосны под пологом насаждений / В. Д. Луганская, Н. А Луганский // Леса Урала и хозяйство в них, Всесоюзный научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Уральская лесная опытная станция. – Свердловск, 1978. – Вып. 11. – С. 31–54.
12. Матвеев П. М. Лесная пирология : учеб пособие для студентов спец. всех форм обучения / П. М. Матвеев, А. М Матвеев. – Красноярск : Сиб. ГТУ, 2002. – 316 с.
13. Мелехов И. С. Лесоведение / И. С. Мелехов. – Москва : Лесная пром-ть, 1980. – 407 с.
14. Морозов Г. Ф. Избранные труды / Г. Ф. Морозов. – Москва : Лесн. пром-ть, 1971. – 559 с.
15. Рунова Е. М. Особенности естественного возобновления при различных технологиях рубок / Е. М. Рунова, В. А. Савченкова // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 4 (19) – С. 163–169.
16. Соловьёва А. А. Особенности лесовосстановления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) в Приангарском таёжном районе: дис. ... канд. с/х наук : 06.03.02 / Соловьёва Анна Александровна; науч. рук. Е. М. Рунова ; ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева». – Братск, 2018. – 157 с.
17. Уткин А. И. «Лесообразовательный процесс» – концепция российского лесоведения / А. И. Уткин // Лесоведение. – 1999. – № 3. – С. 13–23.
18. Фуряев В. В. Пожароустойчивость сосновых лесов / В. В. Фуряев, В. И. Заблоцкий, В. А. Черных. – Новосибирск : Наука, 2005. – 160 с.

19. Хатмуллин Р. З. Оценка естественного возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в естественных и антропогенно-нарушенных ландшафтах Южного Урала / Р. З Хатмуллин, А. Ю. Кулагин, Р. В. Уразгильдин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6. – С. 412–414.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Характеристика пробных площадей, карта-схема заложения пробных площадей и первичные материалы учетов

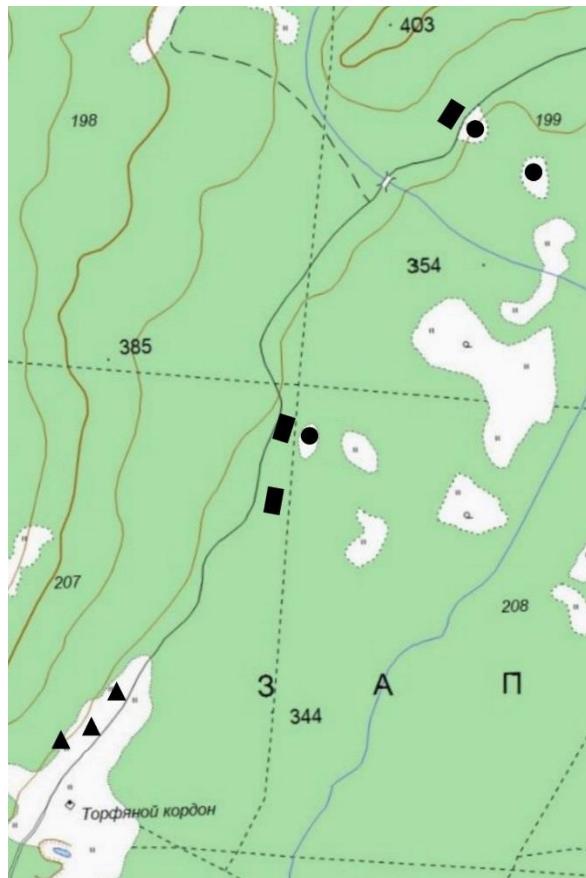


Рисунок 1.1 – Карта-схема расположения пробных площадей «натурный эксперимент-всходы сосны» (кв. 268-199, 2017 г.)

Таблица 1.1 – Характеристика ПП в разных типах биотопов

| Параметр            | Лес 1                              | Лес 2                              | Лес 3                              | Луг 1                              | Луг 2                              | Луг 3                              | Степь 1                            | Степь 2                            | Степь 3                            |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| I                   | 2                                  | 3                                  | 4                                  | 5                                  | 6                                  | 7                                  | 8                                  | 9                                  | 10                                 |
| координаты          | N55,03<br>4043°<br>E60,18<br>0407° | N55,03<br>4747°<br>E60,18<br>0912° | N55,04<br>1445°<br>E60,18<br>7207° | N55,03<br>4830°<br>E60,18<br>1325° | N55,04<br>1690°<br>E60,18<br>8343° | N55,04<br>0835°<br>E60,19<br>0335° | N55,02<br>8387°<br>E60,17<br>3668° | N55,02<br>8450°<br>E60,17<br>3433° | N55,02<br>9670°<br>E60,17<br>5365° |
| Квартал / выдел     | 207/18                             | 199/12                             | 207/10                             | 208/17                             | 199/22                             | 199/24                             | 207/30                             | 207/30                             | 207/30                             |
| Состав древостоя    | 9С1Л                               | 3С2С1<br>Л4Б                       | 8С2Л                               | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  |
| Возраст древостоя   | 110                                | 170                                | 140                                | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  |
| Сомкнутость крон, % | 30-40                              | 40-50                              | 40-50                              | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  | -                                  |

*Окончание таблицы 1.1*

| <i>1</i>                                   | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> |
|--------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Общее<br>проективное<br>покрытие<br>ТКЯ, % | 50-60    | 50-60    | 40-50    | 80-100   | 80-100   | 90-100   | 70-80    | 30-40    | 70-80     |
| Проективное<br>покрытие<br>мхов, %         | 40-50    | 50-60    | 50-60    |          |          |          |          |          |           |

**Таблица 1.2 – Численность всходов сосны на учетных площадках в разных биотопах в ходе натурного эксперимента (2017 г.)**

| Биотоп<br>/ № УП | I 1      | I 2      | I 3      | II 1     | II 2     | II 3     | III 1    | III 2    | III 3     |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <i>1</i>         | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> |
| 27 июня          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
| Лес 1            | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Лес 2            | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Лес 3            | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Луг 2            | 0        | 1        | 2        | 0        | 0        | 2        | 0        | 0        | 0         |
| Луг 3            | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| 29 июня          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
| Луг 1            | 0        | 1        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Степь 1          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Степь 2          | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0         |
| Степь 3          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| 30 июня          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
| Лес 1            | 0        | 3        | 0        | 4        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Лес 2            | 0        | 3        | 0        | 4        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Лес 3            | 2        | 0        | 0        | 2        | 0        | 3        | 0        | 0        | 0         |
| Луг 2            | 0        | 1        | 3        | 0        | 0        | 3        | 1        | 0        | 0         |
| Луг 3            | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| 02 июля          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
| Луг 1            | 11       | 2        | 0        | 5        | 2        | 8        | 7        | 5        | 0         |
| Степь 1          | 2        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         |
| Степь 2          | 0        | 0        | 2        | 0        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0         |

*Продолжение таблицы 1.2*

| 1          | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9            | 10 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|
| Степь 3    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0            | 0  |
| 04 июля    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |
| Лес 1      | 5  | 6  | 3  | 2  | 2  | 3  | 1  | 0            | 2  |
| Лес 2      | 9  | 40 | 0  | 4  | 15 | 0  | 23 | 18           | 0  |
| Лес 3      | 17 | 7  | 5  | 13 | 7  | 3  | 4  | 17           | 13 |
| Луг 2      | 33 | 40 | 26 | 22 | 23 | 12 | 44 | 56           | 41 |
| Луг 3      | 27 | 18 | 14 | 21 | 26 | 19 | 38 | 20           | 12 |
| 06 июля    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |
| Луг 1      | 45 | 57 | 30 | 19 | 6  | 44 | 41 | 21           | 14 |
| Степь 1    | 22 | 15 | 12 | 14 | 11 | 9  | 0  | 0            | 1  |
| Степь 2    | 25 | 17 | 2  | 28 | 27 | 7  | 23 | 2            | 2  |
| Степь 3    | 10 | 19 | 16 | 23 | 6  | 6  | 45 | 3            | 2  |
| 18 июля    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |
| Лес 1      | 49 | 54 | 6  | 38 | 26 | 24 | 45 | 17           | 19 |
| Лес 2      | 38 | 46 | 39 | 4  | 26 | 60 | 41 | 57           | 75 |
| Лес 3      | 24 | 28 | 8  | 55 | 37 | 53 | 27 | 47           | 28 |
| Луг 2      | 52 | 39 | 54 | 67 | 29 | 63 | 74 | 15           | 80 |
| Луг 3      | 42 | 6  | 12 | 1  | 29 | 12 | 27 | 9            | 52 |
| 20 июля    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |
| Луг 1      | 54 | 26 | 4  | 16 | 1  | 1  | 1  | 28           | 1  |
| Степь 1    | 42 | 42 | 49 | 54 | 33 | 40 | 64 | 14           | 20 |
| Степь 2    | 42 | 45 | 55 | 58 | 44 | 34 | 57 | 4            | 8  |
| Степь 3    | 60 | 39 | 72 | 36 | 73 | 26 | 48 | 7            | 15 |
| 01 августа |    |    |    |    |    |    |    |              |    |
| Лес 1      | 37 | 47 | 8  | 29 | 12 | 41 | 45 | 13<br>(3сух) | 19 |
| Лес 2      | 21 | 24 | 9  | 2  | 19 | 63 | 16 | 49           | 54 |
| Лес 3      | 8  | 20 | 46 | 40 | 32 | 13 | 40 | 40           | 43 |
| Луг 2      | 39 | 34 | 44 | 62 | 19 | 39 | 4  | 4            | 9  |
| Луг 3      | 1  | 3  | 2  | 0  | 4  | 0  | 0  | 2            | 7  |

*Продолжение таблицы 1.2*

| <i>1</i>   | <i>2</i>      | <i>3</i> | <i>4</i>      | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i>      | <i>8</i>      | <i>9</i>     | <i>10</i>     |
|------------|---------------|----------|---------------|----------|----------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 03 августа |               |          |               |          |          |               |               |              |               |
| Луг 1      | 46            | 0        | 2             | 12       | 1        | 0             | 0             | 27           | 1             |
| Степь 1    | 37            | 37       | 4<br>(1 сух)  | 67       | 35       | 51            | 79            | 15           | 23            |
| Степь 2    | 58<br>(3 сух) | 54       | 61            | 47       | 53       | 28            | 57            | 4            | 19            |
| Степь 3    | 58            | 49       | 53            | 62       | 47       | 36            | 55            | 4            | 12            |
| 15 августа |               |          |               |          |          |               |               |              |               |
| Лес 1      | 46            | 34       | 8             | 28       | 11       | 34            | 44<br>(2сух)  | 13<br>(3сух) | 24            |
| Лес 2      | 21            | 26       | 9             | 1        | 10       | 58<br>(2 сух) | 3             | 42           | 52<br>(2 сух) |
| Лес 3      | 7             | 18       | 44            | 13       | 29       | 8             | 25<br>(2 сух) | 39           | 52<br>(1 сух) |
| Луг 2      | 35            | 22       | 42 (1<br>сух) | 61       | 17       | 37            | 3             | 2            | 8             |
| Луг 3      | 0             | 2        | 1             | 0        | 1        | 0             | 0             | 0            | 0             |
| 17 августа |               |          |               |          |          |               |               |              |               |
| Луг 1      | 45            | 0        | 0             | 12       | 0        | 0             | 0             | 17           | 1             |
| Степь 1    | 36            | 36       | 38            | 54       | 36       | 48            | 75            | 26           | 23            |
| Степь 2    | 59            | 53       | 77            | 39       | 58       | 24            | 58            | 24           | 21            |
| Степь 3    | 58            | 54       | 53            | 63       | 41       | 36            | 43            | 5            | 9             |
| 29 августа |               |          |               |          |          |               |               |              |               |
| Лес 1      | 41            | 27       | 7             | 30       | 13       | 33<br>(1 сух) | 42            | 9            | 17            |
| Лес 2      | 15            | 24       | 7             | 1        | 9        | 58            | 3             | 42           | 51<br>(3 сух) |
| Лес 3      | 3             | 14       | 36            | 12       | 11       | 7             | 22            | 34           | 28            |
| Луг 2      | 31            | 22       | 42            | 58       | 14       | 36            | 2             | 2            | 8             |
| Луг 3      | 0             | 2        | 0             | 0        | 1        | 0             | 0             | 0            | 0             |
| 31 августа |               |          |               |          |          |               |               |              |               |
| Луг 1      | 45            | 0        | 0             | 11       | 0        | 0             | 0             | 15           | 0             |
| Степь 1    | 36            | 35       | 50            | 39       | 47       | 75            | 18            | 27           | 14            |
| Степь 2    | 57            | 49       | 75            | 36       | 58       | 24            | 48            | 21           | 26            |
| Степь 3    | 57            | 49       | 51            | 55       | 33       | 35            | 32            | 3            | 5             |

*Окончание таблицы 1.2*

| 1                                                                                                                                                           | 2             | 3             | 4  | 5             | 6             | 7             | 8                | 9  | 10 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|----|---------------|---------------|---------------|------------------|----|----|
| 15 сентября                                                                                                                                                 |               |               |    |               |               |               |                  |    |    |
| Лес 1                                                                                                                                                       | 17            | 19            | 9  | 29<br>(1 сух) | 11            | 33<br>(1 сух) | 42               | 9  | 17 |
| Лес 2                                                                                                                                                       | 16            | 24            | 6  | 1             | 9             | 58            | 3                | 41 | 51 |
| Лес 3                                                                                                                                                       | 1<br>(порой)  | 12<br>(2 сух) | 36 | 8             | 6             | 4<br>(2 сух)  | 20               | 32 | 28 |
| Луг 2                                                                                                                                                       | 28            | 20<br>(порой) | 42 | 54<br>(2 сух) | 14            | 35            | 0                | 2  | 7  |
| Луг 3                                                                                                                                                       | 0             | 1             | 0  | 0             | 0             | 0             | 0                | 0  | 2  |
| 15 сентября                                                                                                                                                 |               |               |    |               |               |               |                  |    |    |
| Луг 1                                                                                                                                                       | 45            | 0             | 0  | 9<br>(1сух)   | 0             | 0             | 0                | 14 | 0  |
| Степь 1                                                                                                                                                     | 34            | 30            | 50 | 35            | 42            | 74<br>(1сух)  | 16               | 20 | 13 |
| Степь 2                                                                                                                                                     | 56            | 48<br>(1 сух) | 60 | 38<br>(5 сух) | 55<br>(3 сух) | 24            | 9<br>(34<br>сух) | 11 | 16 |
| Степь 3                                                                                                                                                     | 54<br>(3 сух) | 45<br>(3 сух) | 51 | 54            | 32<br>(7 сух) | 14            | 32               | 3  | 6  |
| Примечания:                                                                                                                                                 |               |               |    |               |               |               |                  |    |    |
| порой – следы деятельности кабанов; сух –сухой сеянец сосны.                                                                                                |               |               |    |               |               |               |                  |    |    |
| Условия опыта на УП: I 1, I 2, I 3 - обрублены корни, удалена подстилка; II 1, II 2, II 3 – участок перекопан, утрамбован; III 1 III 2 III 3 –участок горел |               |               |    |               |               |               |                  |    |    |

Таблица 1.3 – Численность всходов сосны на учетных площадках в разных биотопах в ходе натурного эксперимента (2018 г.)

| Биотоп / № УП    | I 1 | I 2 | I 3 | II 1 | II 2 | II 3 | III 1 | III 2 | III 3 |
|------------------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
| I                | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8     | 9     | 10    |
| Дата учета 14.06 |     |     |     |      |      |      |       |       |       |
| Лес 1            | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |
| Лес 2            | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |
| Лес 3            | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |
| Луг 2            | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 2    | 0     | 0     | 0     |
| Луг 3            | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |
| Луг 1            | 0   | 0   | 0   | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |

*Продолжение таблицы 1.3*

| 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Степь 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| Степь 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  |
| Степь 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |

Дата учета 21.06

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Лес 1   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Лес 2   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Лес 3   | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Луг 2   | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Луг 3   | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Луг 1   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Степь 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Степь 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Степь 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Дата учета 06.07

|         |         |         |    |         |        |    |    |    |         |
|---------|---------|---------|----|---------|--------|----|----|----|---------|
| Лес 1   | 65      | 20      | 6  | 19      | 13     | 25 | 51 | 18 | 13      |
| Лес 2   | 53      | 51      | 21 | 1       | 39     | 25 | 36 | 30 | 29      |
| Лес 3   | 50      | 46      | 28 | 28      | 0      | 25 | 51 | 26 | 13      |
| Луг 2   | 51      | 61(+1с) | 16 | 75      | 29     | 31 | 1  | 2  | 19(+7с) |
| Луг 3   | 36(+2с) | 18      | 26 | 50      | 4      | 21 | 21 | 26 | 39(+1с) |
| Луг 1   | 38      | 53(+3с) | 65 | 38(+1с) | 59     | 35 | 52 | 41 | 54      |
| Степь 1 | 15      | 11      | 37 | 31      | 16     | 8  | 9  | 3  | 29      |
| Степь 2 | 32      | 33      | 30 | 2       | 2(+2с) | 20 | 18 | 16 | 26      |
| Степь 3 | 16      | 6       | 5  | 25      | 3      | 3  | 8  | 14 | 50      |

Дата учета 03.08

|       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Лес 1 | 57      | 46(+2с) | 43      | 59      | 44(+2с) | 28      | 58(+2с) | 39(+6с) | 49(+1с) |
| Лес 2 | 47      | 35(+4с) | 21      | 1       | 30      | нет     | 58(+7с) | 17(+3с) | 37(+6с) |
| Лес 3 | 49(+2с) | 51(+1с) | 48(+3с) | 40(+2с) | 6       | 16(+4с) | 63      | 36(+2с) | 18(+5с) |
| Луг 2 | 48(+1с) | 49(+2с) | 7       | 19      | 1       | 31      | 1       | 2       | 12(+2с) |
| Луг 3 | 8       | 0       | 14      | 41(+2с) | 6       | 21      | 34(+2с) | 20      | 41      |

*Продолжение таблицы 1.3*

| 1       | 2  | 3       | 4       | 5  | 6  | 7      | 8  | 9       | 10 |
|---------|----|---------|---------|----|----|--------|----|---------|----|
| Луг 1   | 28 | 42      | 56(+2с) | 3  | 39 | 22     | 51 | 5       | 52 |
| Степь 1 | 10 | 17      | 31      | 30 | 16 | 6(+1с) | 0  | 2       | 23 |
| Степь 2 | 26 | 32(+1с) | 20(+1с) | 3  | 7  | 14     | 6  | 15(+3с) | 21 |
| Степь 3 | 22 | 14      | 11      | 18 | 0  | 7      | 6  | 18      | 24 |

Дата учета 17.08

|         |    |                   |         |         |         |         |        |         |         |
|---------|----|-------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Лес 1   | 46 | 33(+2с)           | 55(+2с) | 56(+1с) | 41      | 25      | 53     | 28(+1с) | 41      |
| Лес 2   | 43 | 25                | 14      | 1       | 23      | нет     | 56     | 13      | 26      |
| Лес 3   | 39 | 46                | 47(+4с) | 38      | 3       | 14      | 51     | 32(+1с) | 12(+1с) |
| Луг 2   | 49 | 41(+1с)           | 7       | 21      | 1       | 23(+2с) | 1      | 2       | 9       |
| Луг 3   | 8  | 0<br>(кабан<br>ы) | 11      | 35      | 2       | 23(+1с) | 32     | 23      | 29      |
| Луг 1   | 34 | 39                | 44(+4с) | 4(+1с)  | 28(+4с) | 22(+3с) | 52     | 4(+1с)  | 32      |
| Степь 1 | 9  | 19                | 1       | 28      | 15      | 8       | 8      | 7       | 21      |
| Степь 2 | 32 | 22                | 17      | 2       | 8       | 11      | 8      | 22(+1с) | 16      |
| Степь 3 | 20 | 13                | 16      | 20      | 3(+1с)  | 6       | 2(+1с) | 16      | 44(+1с) |

Дата учета 31.08

|         |         |         |               |    |         |               |    |         |               |
|---------|---------|---------|---------------|----|---------|---------------|----|---------|---------------|
| Лес 1   | 46      | 34      | 42            | 56 | 40(+1с) | 22(+3с)       | 51 | 22      | 38            |
| Лес 2   | 48      | 32(+2с) | 13            | 3  | 23      | нет           | 42 | 9       | 19            |
| Лес 3   | 43      | 45      | 39<br>(порой) | 36 | 2       | 14            | 57 | 28(+2с) | 11<br>(порой) |
| Луг 2   | 47      | 46      | 7             | 21 | 1       | 23            | 0  | 2       | 7             |
| Луг 3   | 9(+2с)  | 0       | 9             | 40 | 1       | 24            | 44 | 19      | 16(+2с)       |
| Луг 1   | 30      | 37      | 39(+1с)       | 2  | 25(+3с) | 17<br>(порой) | 48 | 7       | 35            |
| Степь 1 | 7       | 20      | 1             | 28 | 16      | 10            | 7  | 6       | 19(+2с)       |
| Степь 2 | 37      | 27      | 20            | 3  | 8       | 14            | 8  | 17(+3с) | 17            |
| Степь 3 | 18(+2с) | 12      | 15            | 18 | 2       | 8             | 2с | 2       | 42(+1с)       |

Дата учета 14.09

|       |    |    |               |    |    |     |         |         |               |
|-------|----|----|---------------|----|----|-----|---------|---------|---------------|
| Лес 1 | 41 | 27 | 44            | 53 | 40 | 19  | 41      | 15(+2с) | 38            |
| Лес 2 | 41 | 22 | порой         | 1  | 17 | нет | 39(+2с) | 5       | 17<br>(порой) |
| Лес 3 | 42 | 43 | 20<br>(порой) | 36 | 2  | 11  | 57      | 22      | 9             |

*Окончание таблицы 1.3*

| <i>1</i> | <i>2</i>     | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i>     | <i>8</i>    | <i>9</i> | <i>10</i> |
|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|--------------|-------------|----------|-----------|
| Луг 2    | 37           | 48(+2с)  | 7        | 22       | 1        | 31           | 0           | 2        | 6         |
| Луг 3    | 8            | 0        | 7        | 36       | 1с       | 24           | 50(+2с)     | 7        | 13        |
| Луг 1    | 32           | 36       | 35(+4с)  | 2        | 22       | 17           | 40          | 7        | 40        |
| Степь 1  | 9            | 18       | 0        | 30       | 16       | 9            | 5           | 6        | 19        |
| Степь 2  | 33<br>(желт) | 25       | 20       | 3        | 8        | 14<br>(желт) | 6<br>(желт) | 9(+1с)   | 18(+3с)   |
| Степь 3  | 18           | 8(+3с)   | 16       | 20       | 2        | 8            | 0           | 4(+1с)   | 31        |

**П р и м е ч а н и я :**  
порой – следы деятельности кабанов; с –сухой сеянец сосны; желт - желтый.  
Условия опыта на УП: I 1, I 2, I 3 - обрублены корни, удалена подстилка; II 1, II 2, II 3 – участок перекопан, утрамбован; III 1 III 2 III 3 –участок горел

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Данные об осадках и температуре воздуха с 2020 г. по 2024 г.

Таблица 2.1 – Данные метеорологической станции Миасс по количеству осадков

| Месяц \ Год | 2020        | 2021        | 2022        | 2023        | 2024        |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Январь      | 12,4        | 28,1        | 15,0        | 9,2         | 32,0        |
| Февраль     | 15,7        | 13,8        | 8,8         | 13,0        | 22,0        |
| Март        | 28,0        | 19,9        | 26,4        | 4,3         | 9,0         |
| Апрель      | 25,0        | 8,1         | 25,9        | 16,0        | 24,0        |
| Май         | 17,3        | 35,3        | 56,8        | 14,5        | 51,0        |
| Июнь        | 13,0        | 33,5        | 73,1        | 35,8        | 150,0       |
| Июль        | 109,2       | 48,0        | 49,8        | 69,4        | 187,0       |
| Август      | 96,4        | 1,9         | 12,8        | 132,8       | 93,0        |
| Сентябрь    | 26,8        | 39,1        | 53,0        | 61,5        | 12,0        |
| Октябрь     | 21,6        | 35,2        | 6,4         | 29,1        | 15,0        |
| Ноябрь      | 8,2         | 7,9         | 57,6        | 49,2        | 14,0        |
| Декабрь     | 1,9         | 19,8        | 8,4         | 43,7        | 11,0        |
| Среднее     | <b>31,3</b> | <b>24,2</b> | <b>32,8</b> | <b>39,9</b> | <b>51,7</b> |

Таблица 2.2 – Данные метеорологической станции Миасс по температуре воздуха

| Месяц \ Год | 2020 | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|
| <i>I</i>    | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     |
| Январь      | -7,6 | -15,2 | -15,2 | -11,0 | -16,1 |
| Февраль     | -6,1 | -15,9 | -8,9  | -12,3 | -12,5 |
| Март        | 0,1  | -6,3  | -8,2  | -1,1  | -3,1  |
| Апрель      | 4,4  | 5,5   | 6,5   | 6,3   | 8,8   |
| Май         | 14,3 | 17,0  | 9,8   | 14,0  | 8,4   |
| Июнь        | 14,9 | 17,8  | 15,2  | 15,3  | 18,2  |
| Июль        | 20,9 | 18,5  | 19,0  | 20,3  | 18,2  |
| Август      | 16,7 | 19,0  | 17,9  | 16,0  | 14,9  |

*Окончание таблицы 2.2*

| <i>I</i> | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Сентябрь | 10,0       | 7,9        | 9,7        | 11,5       | 11,0       |
| Октябрь  | 4,4        | 3,8        | 4,1        | 4,2        | 2,6        |
| Ноябрь   | -5,9       | -4,7       | -7,7       | -1,9       | -3,5       |
| Декабрь  | -10,9      | -9,7       | -12,8      | -13,5      | -7,1       |
| Среднее  | <b>4,6</b> | <b>3,1</b> | <b>2,5</b> | <b>4,0</b> | <b>3,3</b> |