

На правах рукописи

**Гайсин Ильдар Каирович**

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ДРЕВЕСНОЙ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЭКОТОНЕ ЛЕС–ГОРНАЯ СТЕПЬ МАССИВА КРАКА  
(ЮЖНЫЙ УРАЛ) В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА**

06.03.02 - Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и  
лесная таксация

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Екатеринбург – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении  
«Башкирский государственный природный заповедник»

- Научный руководитель: доктор биологических наук Моисеев Павел Александрович  
Институт экологии растений и животных Уральского отделения  
Российской академии наук, лаборатория геоинформационных  
технологий, заведующий лабораторией.
- Официальные оппоненты: Харук Вячеслав Иванович, доктор биологических наук,  
профессор, Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского  
отделения Российской академии наук - обособленное  
подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр  
«Красноярский научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук», лаборатория мониторинга леса,  
заведующий лабораторией;
- Кутявин Иван Николаевич, кандидат сельскохозяйственных  
наук, Институт биологии Коми научного центра Уральского  
отделения Российской академии наук ФГБУН Федеральный  
исследовательский центр «Коми научный центр Уральского  
отделения Российской академии наук», отдел  
лесобиологических проблем, научный сотрудник.
- Ведущая организация: Уфимский Институт биологии - обособленное структурное  
подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный  
исследовательский центр Российской академии наук.

Защита состоится 31 марта 2021 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании  
диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский  
государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г.  
Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО  
«Уральский государственный лесотехнический университет» ([www.usfeu.ru](http://www.usfeu.ru)).

Автореферат разослан «\_\_» \_февраля\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова  
Альфия Гаптрауфовна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность.** Одной из глобальных экологических проблем нашего времени является быстрое изменение климата. Это выражается в повышении температуры и перестройке режима выпадения осадков практически во всех природных зонах Земли. Если изменения в температурном режиме наиболее сильно проявляются в высокоширотных областях и в высокогорьях, то перестройка режима увлажнения в большей степени наблюдается в аридных районах (Hellmann, 2016). Это приводит к трансформации экосистем, смещению границ растительных зон и поясов и изменению производительности лесов (Харук и др., 2006; Сизых и др., 2011; Anenkhonov et al., 2015).

**Степень разработанности темы исследования.** Дендроклиматические исследования на Урале проводились в основном в высокогорьях, где рост деревьев лимитируется температурой (Шиятов, 1986; Моисеев и др., 2004; Манов, Загирова, 2015; Hagedorn et al., 2020 и др.). При этом показано, что роль температурного фактора снижается от Полярного Урала к Южному.

В южных районах Урала, в зоне контакта леса со степью, где древесные растения произрастают в условиях дефицита влаги, было выполнено лишь несколько работ по динамике и климатическому отклику древостоев (Кукарских, 2009; Кучеров, 2010; Волков, 2017; Хорошев и др., 2018). На Южном Урале в районе распространения экстразональных горных степей исследования о реакции древесной растительности на происходящие изменения климата практически не проводились.

**Цель исследований.** Основная цель работы – оценка современной структуры древостоев, произрастающих в переходной полосе лес–горная степь на склонах гор массива Крака (Южный Урал), и выявление особенностей их динамики и накопления фитомассы в связи с изменениями климата и локальных условий местопроизрастания.

**Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

- проводился сравнительный анализ состава, морфологической и пространственной структуры древостоев, произрастающих в экотоне между лесом и горными степями на склонах массивов гор Крака;
- реконструировалась пространственно-временная динамика древостоев на остепненных склонах на основе анализа их возрастной структуры;
- на исследуемых объектах изучались изменения климатических факторов и локальных условий местопроизрастаний древостоев;
- оценивалось влияние микроклиматических и почвенно-грунтовых условий в летний и зимний периоды на распределение древесной растительности на остепненных склонах и экспансию леса на горные степи;
- проводилась оценка надземной фитомассы древостоев.

**Научная новизна.** Впервые исследована динамика зарастания древесной растительностью экотона лес–горная степь на склонах массива гор Крака.

Изучена морфологическая структура древостоя, на основе дендрохронологического анализа установлено календарное время появления деревьев, выявлены наиболее активные периоды возобновления. Определены микроклиматические и почвенно-грунтовые условия отдельных участков горных степей. На основе сравнения изменения площади остепненных склонов на современных (2016 г.) космоснимках субметрового разрешения и топографических карт 1986 г. создания (М1:25000), а также в результате анализа материалов лесоустройства были выявлены все участки, где произошло смещение границ (экспансия) леса в горные степи. Проведен анализ изменения основных факторов среды (температуры воздуха, режима выпадения осадков) района исследования по данным метеостанций, а также при проведении снегомерных работ и измерения влажности почв. Проведена первичная оценка фитомассы древостоев.

**Теоретическая и практическая значимость.** На основе полученных данных могут быть разрабатываться модели глобальной реакции биосферы при продолжении тенденции изменения климата. Исследования такого рода являются составной частью комплексного экологического мониторинга природной среды и могут быть использованы при выявлении связей феноявлений с климатическими характеристиками, оценке потенциала продуктивности и биологического разнообразия, в лесоводстве и лесоведении.

**Методология и методы исследования.** В основу исследований положены общепринятые, апробированные методики, которые широко применяются ведущими лабораториями страны при изучении древесных растений на пограничной полосе в горах. Методологической базой для изучения фитомассы послужили методика, разработанная В.А. Усольцевым и З.Я. Нагимовым.

**Положения, выносимые на защиту:**

– в результате облесения общая площадь остепненных участков массива гор Крака существенно сократилась в последние десятилетия.

– зарастание древесной растительностью и продвижение границы сомкнутых лесов на территорию горных степей в массиве Крака происходит повсеместно, кроме тех участков, где наблюдается активная хозяйственная деятельность (выпас или рубки леса) или они подвергались влиянию пожаров.

– уменьшение площади горных степей вследствие облесения на значительной территории обусловлено общей причиной – изменением климата.

– характер и скорость заселения древесной растительностью ранее безлесных территорий зависят от размеров «остепненных» участков, локальных микроклиматических, орографических и почвенно-грунтовых условий местопроизрастания.

**Обоснованность и достоверность результатов исследования.** Обеспечивается анализом достаточного по объему экспериментального материала, применением общенаучных методов, комплексным подходом в получении информации о состоянии и структуре древесных растений в пределах экотона, использованием современных методов обработки, анализа и оценки достоверности данных.

**Апробация работы.** Основные теоретические положения и практические результаты исследований представлялись и обсуждались: на VII и VIII Всероссийских научно-практических конференциях «Устойчивое развитие территорий: теория и практика» (Сибай, 2015, 2016); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященный 100-летию заповедной системы России и Баргузинского государственного природного биосферного заповедника, Году ООПТ и Году экологии (Улан-Удэ, 2017); Всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы Южного Урала и пути их решения» (Сибай, 2017); IX Международной научно-практической конференции «Экология и природопользование: прикладные аспекты» (Уфа, 2019); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы теории, методологии и практики научной деятельности» (Киров, 2020); VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности» (Сочи, 2020); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 110-летию биологического образования в Республике Башкортостан, 90-летию Башкирского государственного заповедника и 40-летию Южно-Уральского государственного природного заповедника «Актуальные вопросы охраны биоразнообразия на заповедных территориях» (Уфа, 2020).

**Публикации.** Основные положения исследований по теме диссертации отражены в 12 печатных работах. В рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК – 3 статьи. В т.ч. 2 статьи в журналах, рекомендованных по специальности 06.03.02 (биологические науки). 9 печатных работ – в сборниках материалов научно-практических конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы 279 источников, из них 99 на иностранном языке; иллюстрирована 31 рисунками и 7 таблицами, имеет 1 приложение. Общий объем диссертации – 159 страниц.

## 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В главе приводится краткий обзор литературы по теме диссертации. Рассматривается влияние изменения основных параметров климата, а также эдафических условий и рельефа на динамику и пространственное распределение древесных растений.

Отдельные разделы посвящены распространению и характеристике горных степей в пределах голарктической зоны, дендроклиматическим исследованиям в горах в условиях дефицита влаги, продуктивности и фитомассе древостоев и влиянию пожаров на динамику лесов в горах.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Массив Крака представляет собой частично обособленный горный узел к западу от основных центральных горных поднятий Южного Урала, имеет

сложное геологическое строение. Географические координаты: 53°15'–53°50' с. ш., 57°36'–58°12' в. д.

На хребтах массивов Крака преобладают насаждения, состоящие из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) с небольшой примесью березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.), на Северном Крака в составе древостоя может присутствовать ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.). Другой особенностью этого района, является развитие на больших площадях горных петрофитных луговых степей до 22% (Нешатаев, 1983).

Среднегодовая температура воздуха от 1,2°C. Среднегодовое количество осадков составляет 582 мм, индекс засушливости – 53,8 (Агроклиматические ресурсы..., 1976).

### **3. ПРОГРАММА, ОБЪЕКТ, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ**

В соответствии с целью исследований решались следующие программные задачи:

1. Анализ литературных источников по теме исследования.
2. Сбор данных инструментальных наблюдений за климатом на ближайших к району исследований метеостанциях.
3. Оценка изменений площади горных степей по современным спутниковым снимкам и топографическим картам прошлых лет.
4. Закладка высотных профилей на экотоне между горной степью и лесом на различных участках склонов гор Крака.
5. Изучение локальных условий местопроизрастания древостоев на заложенных высотных профилях (экспозиция и крутизна склона, степень увлажнения почвы и мощность снежного покрова).
6. Анализ динамики метеоданных за период наблюдений за климатом на ближайших к району исследований метеостанциях.
7. Анализ возрастной структуры и особенностей формирования древостоев на остепненных склонах массива Крака.
8. Выявление особенностей накопления фитомассы древостоев.

#### **3.2 Объект исследований**

Объектом исследований являлись светлохвойные леса на остепненных склонах массива Крака, где на экотоне лес–горная степь вследствие изменений климата происходит экспанция древесной растительности на безлесные территории.

#### **3.3 Методика исследований**

**3.3.1 Оценка изменений площади.** Сравнительная оценка была проведена с помощью функционала программы “SAS. Planet 160707”. На основе изображений в слоях с современными (2015 г.) космоснимками субметрового разрешения и картами ГосГисЦентра (М1:25000) около 1986 г. создания были выделены все не покрытые лесом участки, где сомкнутость древостоев ниже 35–40%.

**3.3.2 Закладка высотных профилей.** Подбирались участки склонов, не подвергавшиеся лесным пожарам. На выбранных склонах закладывались высотные профили, в пределах которых фиксировались три высотных уровня: нижний – у верхней границы сомкнутых лесов, средний – у верхней границы редколесий, верхний – у верхней границы редины. На различных высотных уровнях были заложены серии пробных площадей или полигоны. На верхней границе редины (верхний высотный уровень) с сомкнутостью крон 0,05–0,1 были заложены полигоны размером 1–3 га, а на верхней границе редколесий и сомкнутых лесов (средний и нижний уровни, сомкнутость крон 0,2–0,3 и 0,4–0,5 соответственно) – по 3 пробные площади размером 20×20 м на каждая. На склоне горы Башарт был заложен профиль-полигон в виде прямоугольника 360×220 м.

На пробных площадях и полигонах для каждого дерева определяли следующие характеристики: вид, точное местоположение в пределах обследованной территории, высоту дерева, диаметр ствола у основания и на высоте груди, диаметр проекции кроны по двум направлениям и ее протяженность. Оценивали жизненное состояние.

**3.3.3 Определение возраста.** Датировку производили стандартной дендрохронологической методике по радиальным кернам.

**3.3.4 Измерение глубины снега и запаса влаги в нем.** Глубина снега фиксировалась с помощью снегомерной рейки с шагом 1 см. Плотность снега определяли с помощью снегомера ВС-43.

**3.3.5 Измерение мощности и влажности почвенного профиля.** Содержание влаги в почве определяли с помощью электронного влагомера HH2 Moisture Meter фирмы Delta-T с датчиком влажности почвы ML3 ThetaProbe. Для определения влажности по всему почвенному профилю на учетных площадках в 4 точках, закладывались почвенные разрезы до материнской породы. На почвенных разрезах проводили измерение в каждом из слоев почвы. Одновременно проводили описание почвенного профиля и определяли мощность почвенных горизонтов.

**3.3.5 Анализ локальных условий климата и их изменений.** Изучение динамики средних месячных температур воздуха, количества осадков было проведено нами по данным метеостанций «Башгосзаповедник» географические координаты 53°20' с.ш., 57°47' в.д., высота над уровнем моря 484 м.

**3.3.6 Отбор, рубка и определение фитомассы модельных деревьев.** Выбор, рубка и обработка модельных деревьев производилась согласно методическим рекомендациям (Усольцев, Нагимов, 1988).

## **4. СОСТАВ И СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ НА ОСТЕПНЕННЫХ СКЛОНАХ МАССИВА КРАКА**

### **4.1 Особенности склонов и таксационная характеристика древостоев экотоне лес-горная степь**

На исследуемых профилях, граница сомкнутых насаждений, находится в пределах 580–650 м, выше до 700–750 м над ур. моря расположены редколесья, далее продолжают редины и безлесные пространства, до гребня хребтов.

Крутизна склонов колеблется на нижнем от 15–20°, постепенно увеличиваясь к верхнему высотному уровню, где достигает 25–35° (табл.1).

Таблица 1 – Характеристика древостоя на различных высотных уровнях обследованных профилей на склонах горных массивов Крака

Профиль	ВУ	Кру- тизна склона, градусы	Количество шт./га			Средние морфометрические показатели живых деревьев				
			древостой		под- рост	D <sub>0</sub> , см	H, м	A, лет	D кр, м	S <sub>кр</sub> , м <sup>2</sup> /га
			живые деревья	усохшие деревья						
I – Большой Башарт	1–2	30–35	29	5	9	32,1	9,5	152	5,2	689
	3	25–30	933	283	950	16,4	8,7	74	2,8	7157
II – Башарт	1	25–30	20	–	2	24,8	8,0	138	4,3	390
	2	20–25	538	50	138	20,8	7,9	99	3,2	6118
	3	20–25	1125	113	875	14,7	7,5	80	2,9	11407
III – Авдэктэ	1	25–30	39	1	11	29,3	10,4	131	5,3	1066
	2	20–25	850	58	1533	11,2	5,2	46	2,4	7609
	3	20–15	617	92	433	24,7	13,8	93	4,4	11559
IV – Профиль- полигон	1–2	25–30	34	3	6	28,0	9,7	136	4,5	594
I – Суртанды	1	20	10	0	34	7,2	2,8	30	1,7	76
	2	20–30	708	150	1033	9,9	4,9	39	2,1	8455
	3	20–25	1025	217	708	12,1	6,9	51	2,3	12291
	4	20–15	892	42	67	17,9	12,6	70	3,0	12263
II – Малый Саргая	1	25	14	3	11	17,8	6,5	46	3,6	739
	2	25	358	8	250	15,3	8,7	48	3,1	9829
	3	20	933	83	367	16,5	10,1	58	3,0	15028
III – Шига́й	1	30	44	1	38	12,8	3,4	47	1,9	369
	2	30–25	308	275	600	16,0	6,4	51	2,2	8623
	3	20	1067	492	325	22,9	11,8	87	4,0	11039
IV – Центральный Акбиик	1	10–15	17	4	28	12,1	3,7	29	2,1	242
	2	20	433	17	567	8,9	4,3	31	1,7	4509
	3	20	958	25	133	16,2	9,6	60	3,3	12709

где, D<sub>0</sub>–диаметр ствола у основания; H–высота ствола; A–возраст; D<sub>кр</sub>–диаметр кроны; S<sub>кр</sub>–сумма площадей проективного покрытия кроны.

На верхнем уровне жесткие условия роста наложили отпечаток на облике древесных растений. Где на Южном Крака произрастают единичные низкорослые, сильно сбежистые деревья, а количество жизнеспособного подроста составляет всего лишь 2–11 шт./га. По мере продвижения вниз по склону и при существенном улучшении микроклиматических условий в составе древостоев увеличивается количество молодых деревьев, а их густота возрастает в среднем в 15 раз на втором высотном уровне, а на третьем – в 40 раз. Интенсивное возобновление с преобладанием соснового подроста в последние 30–40 лет идет по всему экотону. Заращение верхнего уровня на Северном Крака начало происходить только в последние 50 лет, здесь горы выше и условия жестче, чем в Южной части массива.



Сумма площадей проективного покрытия крон древостоев уменьшается по мере продвижения вверх по склону, наиболее заметное уменьшение характерно при переходе от среднего к верхнему уровню.

#### 4.2 Анализ возрастной структуры древостоев

В массиве гор Крака возрастная структура деревьев в экотоне лес–горная степь имеет принципиальное отличие от высокогорий, где граница является экологическим пределом распространения древесных растений. Здесь остепненные участки приурочены к склонам южных экспозиций, с северных сторон хребта леса поднимается до самой вершины. Поэтому появление деревьев в благоприятные годы происходит не только в нижних частях склонов, а по всему экотону. Безусловно, на границе сомкнутого леса количество проростков бывает всегда выше, так как здесь выпадает больше семян. В критические (неблагоприятные) периоды, происходит их массовая элиминация. Погибают больше всего молодых деревьев в верхних части экотона, где условия для их роста жестче, а в живых остаются единичные особи. Ниже по склону выживаемость самосева всегда выше (рис. 1–2).

Анализ возрастной структуры древостоев показал, что на исследуемых участках в массиве Южный Крака, первые деревья появились в 1750 г. на профиле-полигоне IV горы Башарт (рис. 1). На других профилях период появления первых единичных деревьев приходится на 1770–1805 гг., при этом их количество значительно не отличается на разных высотных уровнях.

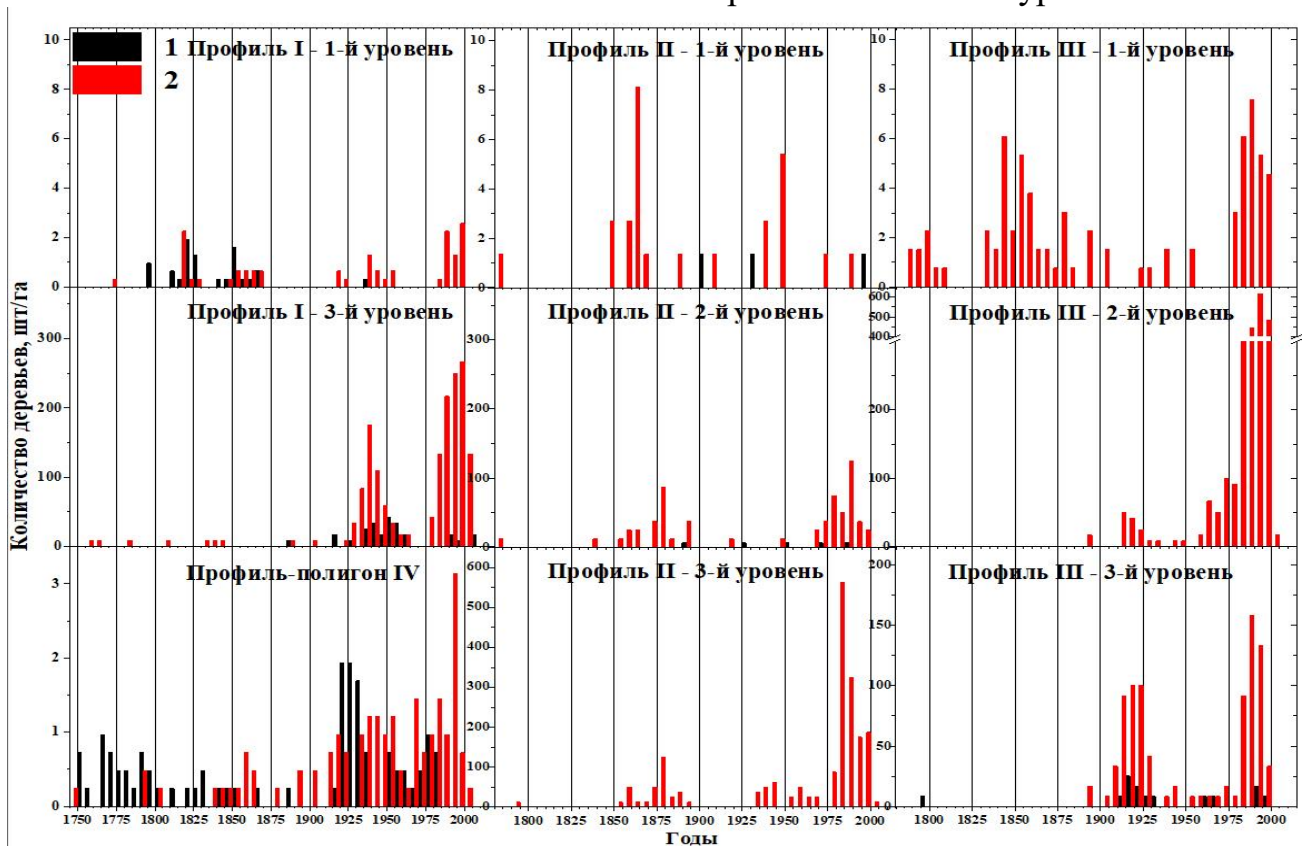


Рисунок 1 – Возрастная структура древостоев на разных уровнях профилей в массиве гор Южный Крака: 1 – лиственница, 2 – сосна

До 1850 г. возобновление на Южном Крака происходило без выраженных скачков. Далее в возрастной структуре древостоев наблюдается несколько периодов активного возобновления. Первый синхронный период активного формирования поколения деревьев на разных профилях растянут по времени, начало и конец которых приходится на 1920–1950 гг., только на профиле II Башарт раньше на 1850–1880 гг. Вторая волна возобновления произошла в 1980–2000 гг., с пиком 1985–1990 гг., проявляется на всех профилях на всех трех уровнях как на Северном так и на Южном Крака.

На профиле-полигоне IV, отличающемся крайне мозаичным, пространственным распределением деревьев по склону, в возрастной структуре древостоев выделяется несколько поколений, которые сформировались у лиственницы в периоды с 1750 по 1805 гг., с 1820 по 1855 гг., и с 1915 по 1940 гг., с 1950 по 1985 гг., а у сосны в периоды с 1840 по 1870 гг., с 1915 по 1930 гг., с 1935 по 1960 гг., и с 1970 по 2005 гг. На Северном Крака, в основная масса первых деревьев появилась только после 1800 г., и лишь на профиле III Шигай несколько деревьев появились чуть раньше. Это значительно позднее (в среднем 50 лет), чем на Южном Крака (рис. 2).

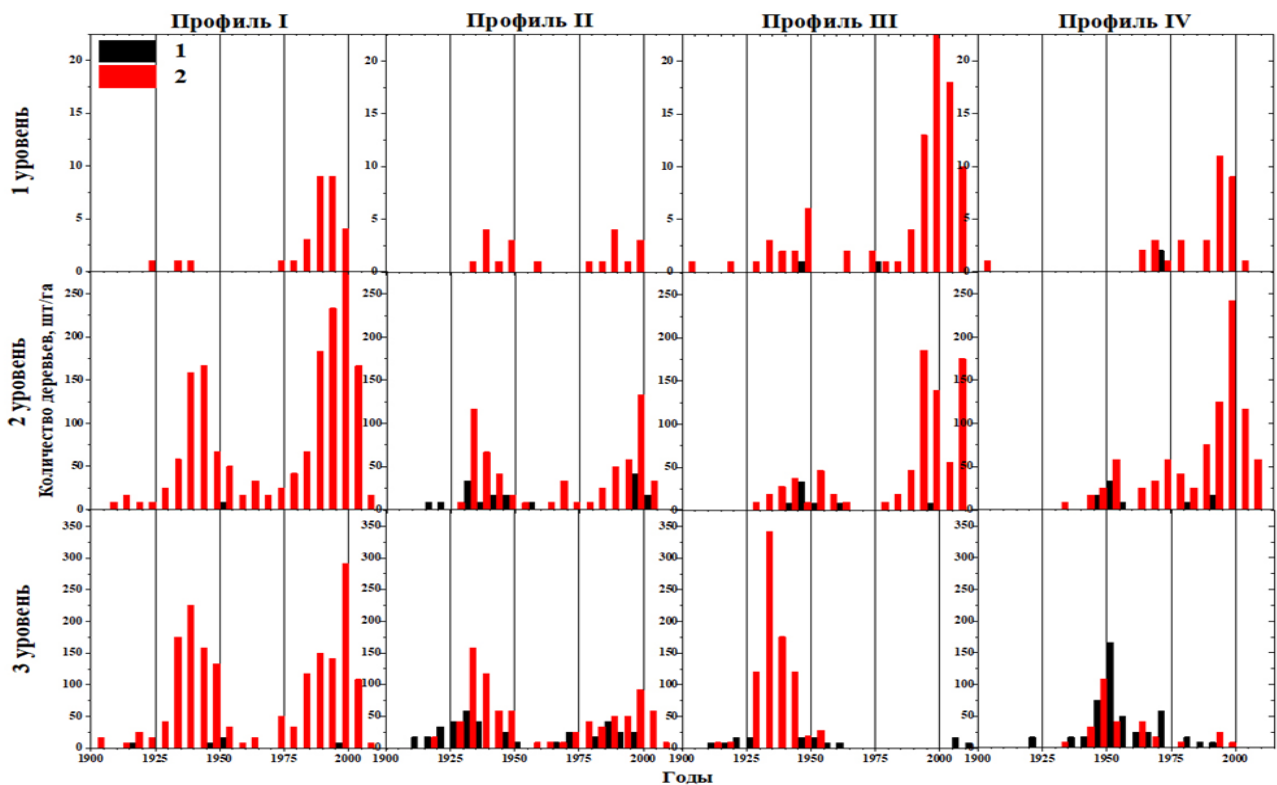


Рисунок 2 – Возрастная структура древостоев на разных уровнях профилей в массиве гор Северный Крака: 1 – лиственница, 2 – сосна

#### 4.3 Оценка изменения площади «остепненных» участков на склоне гор массива Крака

Все выявленные нами 1471 безлесных участка были сгруппированы в 31 подрайон на Южном Крака (943 участка), на Центральном Крака (326 участка), в 7 подрайонов и на Северном Крака (202 участка) – в 9 подрайонов.

Изменение площади занимаемой горными степями в 1986 и 2016 гг. показано в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение площади безлесных участков на горных массивах Крака за последние 30 лет

Массив	Количество участков	Площадь в 1986 г., га	Площадь в 2016 г., га	Изменение площади	
				га	%
Южный Крака	943	6559,8	5633,0	926,8	14,1
Средний Крака	326	1923,6	1691,3	232,3	12,1
Северный Крака	202	3176,6	2283,9	892,7	28,1
<b>В целом по массиву</b>	<b>1471</b>	<b>11660,0</b>	<b>7916,9</b>	<b>2051,8</b>	<b>17,6</b>

Анализ показывают, что по мере увеличения площади остепненных участков степень их зарастания в последние год резко снижается. Аналогичные результаты получены по разновременным материалам лесоустройства.

#### 4.4 Особенности формирования надземной фитомассы древостоев, ее изменение в связи со смещением границы сомкнутых лесов на экотоне

Предварительный анализ экспериментального материала показал, что зависимость массы стволов и сосны и лиственницы от показателя  $D^2H$  носит прямолинейный характер. Что позволило в разрезе древесных пород получить уравнения с использованием всей совокупности модельных деревьев:

$$\text{по сосне} \quad PS = 1,21945 + 97,76528 * D^2H, \quad R^2 = 0,954; \quad (1)$$

$$\text{по лиственнице} \quad PS = -3,3793 + 107,6882 * D^2H, \quad R^2 = 0,992. \quad (2)$$

При исследовании зависимостей массы кроны (хвои) от показателя  $D^2H$  были получены совершенно иные результаты. Анализ данных показал на необходимость разделения совокупности модельных деревьев и сосны и лиственницы на две группы по возрасту. Для выражения таких зависимостей наиболее обоснованным является применение степенной функции:

$$y = ax^b \quad (3)$$

Корректность использованных функций оценивалась по значениям коэффициента детерминации и t-критериев Стьюдента. Статистические характеристики функции  $y = ax^b$ , полученные при описании зависимости фитомассы кроны (хвои) от показателя  $D^2H$  приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Уравнения зависимости фитомассы кроны (хвои) от показателя  $D^2H$

Фитомасса	Параметры уравнения		Коэффициент детерминации	Номер уравнения
	a	b		
1	2	3	4	5
Сосна (по группе молодых модельных деревьев)				
Кроны в целом	46,8576	1,2106	0,976	(4)
Хвои	13,4597	0,8609	0,913	(5)
Сосна (по группе старшевозрастных модельных деревьев)				
Кроны в целом	24,0237	1,1028	0,560	(6)
Хвои	9,1882	1,0311	0,604	(7)

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
Лиственница (по группе молодых модельных деревьев)				
Кроны в целом	24,1470	0,8001	0,962	(8)
Хвои	6,9449	0,9291	0,974	(9)
Лиственница (по группе старшевозрастных модельных деревьев)				
Кроны в целом	18,2823	1,4416	0,890	(10)
Хвои	3,2889	1,8081	0,930	(11)

С использованием разработанных уравнений по материалам фактического распределения деревьев на пробных площадках и полигонах по показателю  $D^2H$ , определены запасы фитомассы на единице площади (табл. 4).

Таблица 4 – Запасы надземной фитомассы по продажам на различных высотных уровнях исследуемых высотных профилей, т/га

Профиль	ВУ	Фитомасса						Фитомасса хвои в кроне		
		стволов			крон			С	Лц	итого
		С	Лц	итого	С	Лц	итого			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Южный Крака</b>										
I – Большой Башарт	1–2	1,30	2,22	3,52	0,32	0,53	0,85	0,12	0,13	0,25
	3	28,52	8,21	36,73	6,76	1,93	8,69	2,69	0,46	3,15
II – Башарт	1	1,46	0,47	1,93	0,39	0,11	0,50	0,14	0,03	0,17
	2	32,43	1,57	34,0	8,16	0,28	8,44	3,13	0,05	3,18
	3	53,19	0,42	53,61	13,48	0,04	13,52	5,13	0,01	5,14
III – Авдэктэ	1	5,84	–	5,84	1,54	–	1,54	0,56	–	0,56
	2	29,56	–	29,56	8,18	–	8,18	3,03	–	3,03
	3	56,70	15,68	72,38	29,32	4,30	33,62	7,34	1,19	8,53
IV – полигон	1–2	0,76	2,43	3,19	0,22	0,74	0,96	0,22	0,22	0,44
Средний на Южном Крака	1	<b>2,87</b>	<b>0,90</b>	<b>3,77</b>	<b>0,75</b>	<b>0,21</b>	<b>0,96</b>	<b>0,28</b>	<b>0,05</b>	<b>0,33</b>
	2	<b>31,00</b>	<b>0,78</b>	<b>31,78</b>	<b>8,17</b>	<b>0,14</b>	<b>8,31</b>	<b>3,08</b>	<b>0,03</b>	<b>3,11</b>
	3	<b>46,14</b>	<b>8,10</b>	<b>54,24</b>	<b>16,52</b>	<b>2,09</b>	<b>18,61</b>	<b>5,05</b>	<b>0,56</b>	<b>5,61</b>
<b>Северный Крака</b>										
I – Суртанды	1	0,41	–	0,41	0,10	–	0,10	0,004	–	0,004
	2	43,6	0,07	43,68	10,72	0,004	10,72	4,20	0,0003	4,2
	3	62,7	2,53	65,25	15,04	0,50	15,54	5,95	0,12	6,07
	4	75,8	–	75,8	19,32	–	19,32	7,00	–	7,00
II – Малый Саргая	1	2,82	–	2,82	0,66	–	0,66	0,27	–	0,27
	2	40,48	16,83	57,31	9,27	4,71	13,98	3,93	1,30	5,23
	3	66,25	38,13	104,4	14,57	10,55	25,12	6,35	2,96	9,31

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ш – Шигаи	1	1,11	0,18	1,29	0,28	0,03	0,31	0,11	0,01	0,12
	2	16,04	2,8	18,84	3,86	0,48	4,34	1,6	0,1	1,7
	3	64,89	18,61	83,50	15,61	5,29	20,9	6,06	1,47	7,53
VI – Цент- ральный Акбиик	1	0,61	0,32	0,93	0,15	0,08	0,23	0,06	0,02	0,08
	2	8,58	6,94	15,52	2,25	1,61	3,86	0,79	0,39	1,18
	3	20,28	44,67	64,95	4,89	10,19	15,08	1,89	2,56	4,45
Средний на Северном Крака	1	<b>1,24</b>	<b>0,12</b>	<b>1,36</b>	<b>0,30</b>	<b>0,03</b>	<b>0,33</b>	<b>0,11</b>	<b>0,01</b>	<b>0,12</b>
	2	<b>27,18</b>	<b>6,66</b>	<b>33,84</b>	<b>6,53</b>	<b>1,70</b>	<b>8,23</b>	<b>2,63</b>	<b>0,35</b>	<b>3,08</b>
	3	<b>53,54</b>	<b>25,98</b>	<b>79,52</b>	<b>12,53</b>	<b>6,63</b>	<b>19,16</b>	<b>5,06</b>	<b>1,78</b>	<b>6,84</b>

Результаты исследований свидетельствуют, что надземная фитомасса древостоев закономерно возрастает с увеличением количества деревьев, а во фракционном составе преобладают органы, длительно депонирующие органическое вещество.

Наши расчеты показали, что в связи с увеличением площади лесов за последние 30 лет, запас фитомассы древостоев в экотоне увеличился на 32,8 на Южном Крака, на 56,6 т/га на Северном Крака (табл. 4). На Среднем Крака увеличение фитомассы приняли как среднее между двумя первыми, т.е. на 44,7 т/га (массив гор находится между Южным и Северным Крака). Заращение горных степей и продвижение границы леса привело к приросту общей надземной фитомасса древостоев в целом в массиве гор Южный Крака на 31,4 тыс. тонн, на 10,4 и 50,5 тыс. тонн в массивах Средний и Северный Крака соответственно.

## 5. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СКЛОНАХ ГОР КРАКА

### 5.1 Особенности метеорологических условий и климатические тренды

Изменение климата было проанализировано по данным метеостанции Башгосзаповедник. Средние месячные температуры воздуха в мае, июне и июле стали выше на 0,2–0,6 °С, а в августе снизились на 0,1 °С, в результате чего в вегетационный период увеличение температур составило 0,3 °С (рис. 3).

В октябре-марте средние температуры воздуха отдельных месяцев увеличились на 0,4–1,2 °С, что привело в целом к увеличению средней температуры холодный период года на 1,0 °С. При сравнении средних многолетних сумм осадков было отмечено, что в мае и августе произошло увеличение на 4–7 мм, а в июне, июле и сентябре наоборот снижение на 1–6 мм. В целом для теплого периода года увеличение сумм осадков составило 3 мм (1%). В холодный период года увеличение сумм осадков (на 3–11 мм) отмечено во все месяцы, что составило в целом для этого периода 41 мм (16,5%). В течение последних 80 лет в этой части Южного Урала, наблюдались потепление и увлажнение климата, и особенно это заметно в зимние месяцы. Близкие закономерности отмечены в прилегающих районах.

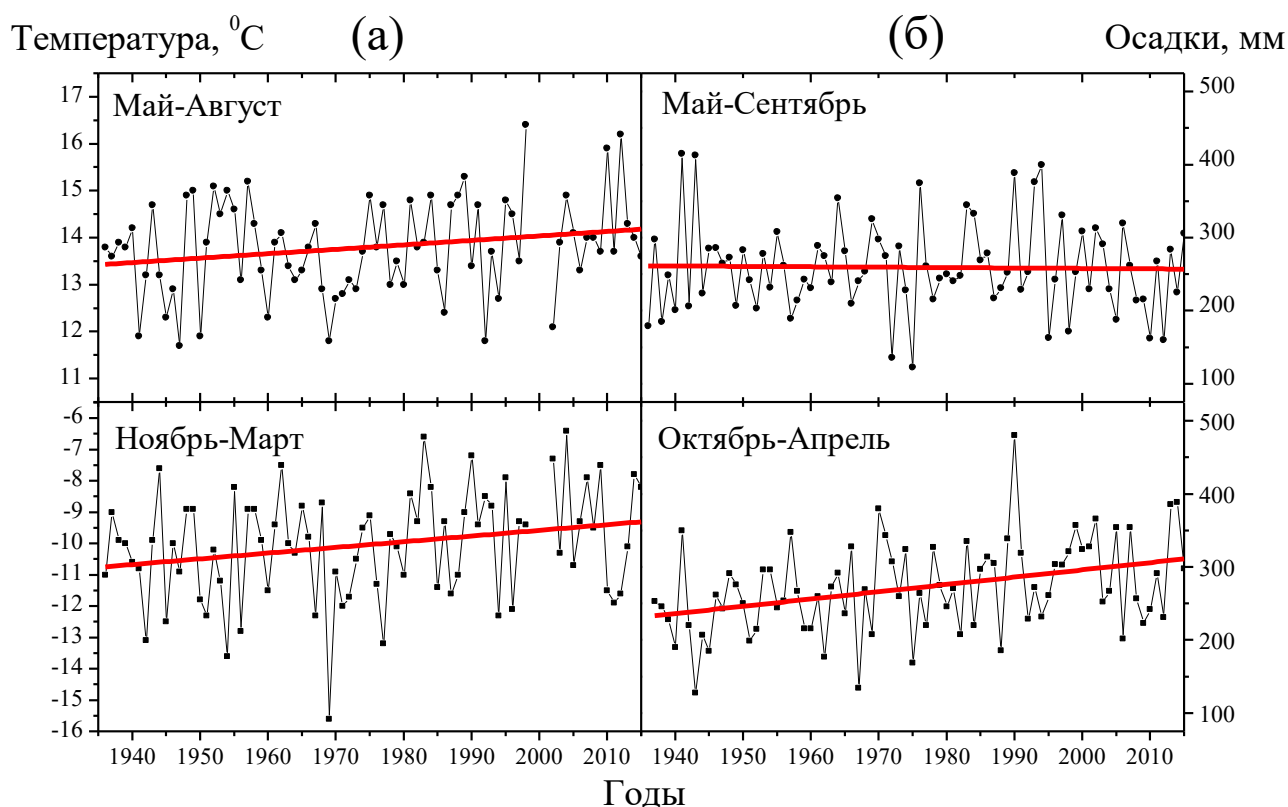


Рисунок 3 – Погодичная и многолетняя изменчивость температуры воздуха (а) и осадков (б) в летний и зимний периоды.

## 5.2 Особенности распределения снежного покрова на исследуемых профилях

Выполненные нами снегомерные работы показали, что фоновая глубина снежного покрова на обследованных профилях варьирует в разные годы и находится в прямой зависимости от количества твердых осадков выпавших в зимний период (табл. 5). Суммарные средние показатели мощности снежного покрова на Южного Крака существенно не отличаются от Северного Крака, но на отдельных профилях глубина снега на 20–30 см выше, по сравнению с остальными.

Таблица 5 – Средняя высота снежного покрова, запасы воды и плотность снега на разных высотных уровнях в экотоне лес-горная степь в массиве гор Крака

Год	Массив	Показатель Уровень Профиль	Глубина снега, см			Запасы воды, мм			Плотность снега, кг/см		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017	Южный Крака	I Бол. Башарт	85,9	88,1	90,4	195,3	223,4	229,1	0,23	0,25	-
		II Башарт	67,8	82,4	80,5	143,3	162,6	158,8	0,21	0,20	-
		III Авдэктэ	42,8	62,7	69,4	88,5	126,3	139,8	0,21	0,20	-
		<b>Средняя</b>	<b>67,9</b>	<b>79,6</b>	<b>80,1</b>	<b>143,8</b>	<b>173,1</b>	<b>175,9</b>	<b>0,215</b>	<b>0,217</b>	-
	Северный Крака	III Шигаг	27,8	50,1	80,4	68,5	109,4	175,8	0,25	0,22	-

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	Южный Крака	I Бол. Башарт	29,9	49,0	42,2	70,8	103,0	78,5	0,234	0,208	0,186
		II Башарт	25,6	28,8	36,4	55,5	57,7	67,6	0,217	0,207	0,186
		III Авдэктэ	20,4	27,0	34,9	50,6	47,7	70,3	0,246	0,176	0,201
		VI Полигон	26,9	27,6	41,4	48,8	49,2	77,3	-	-	-
		<b>Средняя</b>	<b>25,7</b>	<b>33,1</b>	<b>38,7</b>	<b>56,4</b>	<b>64,4</b>	<b>73,4</b>	<b>0,232</b>	<b>0,197</b>	<b>0,191</b>
	Северный Крака	I Сутранды	37,1	43,9	45,0	70,9	81,3	88,2	0,194	0,185	0,196
		II Мал. Саргая	33,3	38,3	38,2	63,7	67,3	82,8	0,193	0,175	0,218
		III Шигай	31,3	38,2	39,9	66,0	92,0	74,8	0,209	0,239	0,188
		VI Ценр. Акбиик	61,4	58,2	58,0	110,6	99,9	122,3	0,182	0,174	0,210
		<b>Средняя</b>	<b>37,5</b>	<b>43,7</b>	<b>43,7</b>	<b>73,1</b>	<b>84,1</b>	<b>89,8</b>	<b>0,200</b>	<b>0,195</b>	<b>0,206</b>
2019	Южный Крака	I Бол. Башарт	33,6	72,7	62,7	64,4	127,4	115,3	0,192	0,175	0,184
		II Башарт	37,2	58,4	60,5	62,9	97,4	101,8	0,169	0,167	0,168
		III Авдэктэ	42,3	48,7	51,7	113,4	111,8	110,3	0,268	0,239	0,213
		VI Полигон	40,0	47,4	63,7	72,6	84,4	119,1	0,182	0,178	0,187
		<b>Средняя</b>	<b>38,3</b>	<b>56,8</b>	<b>59,7</b>	<b>78,4</b>	<b>105,3</b>	<b>111,6</b>	<b>0,203</b>	<b>0,190</b>	<b>0,188</b>
	Северный Крака	I Сутранды	50,2	52,7	51,5	101,2	95,3	94,2	0,202	0,181	0,183
		II Мал. Саргая	29,0	46,9	52,5	48,1	80,9	84,6	0,166	0,172	0,161
		III Шигай	34,5	63,3	61,1	75,0	123,1	94,9	0,217	0,194	0,155
		VI Ценр. Акбиик	32,2	48,7	54,2	64,3	85,2	91,6	0,200	0,175	0,169
		<b>Средняя</b>	<b>36,4</b>	<b>52,9</b>	<b>54,8</b>	<b>72,2</b>	<b>96,1</b>	<b>91,3</b>	<b>0,196</b>	<b>0,181</b>	<b>0,167</b>
2020	Южный Крака	I Бол. Башарт	73,8	84,4	85,5	150,9	169,9	183,3	0,204	0,201	0,214
		II Башарт	75,2	74,3	71,3	180,4	175,1	152,2	0,240	0,236	0,213
		III Авдэктэ	54,1	65,2	67,2	119,1	137,6	143,4	0,220	0,211	0,214
		VI Полигон	69,7	72,6	75,6	162,2	178,8	177,1	0,233	0,246	0,234
		<b>Средняя</b>	<b>68,2</b>	<b>74,1</b>	<b>74,9</b>	<b>153,2</b>	<b>165,3</b>	<b>164,0</b>	<b>0,224</b>	<b>0,224</b>	<b>0,219</b>
	Северный Крака	I Сутранды	45,7	61,2	59,2	118,6	141,8	127,7	0,248	0,232	0,216
		II Мал. Саргая	39,0	49,4	47,6	113,8	116,2	115,6	0,292	0,235	0,243
		III Шигай	28,9	52,9	65,9	85,2	149,7	153,7	0,295	0,283	0,233
		VI Ценр. Акбиик	36,0	55,8	55,5	104,7	140,8	148,0	0,291	0,253	0,266
		<b>Средняя</b>	<b>37,4</b>	<b>54,8</b>	<b>57,0</b>	<b>105,6</b>	<b>137,1</b>	<b>100,8</b>	<b>0,281</b>	<b>0,251</b>	<b>0,240</b>

На всех профилях высота снежного покрова закономерно уменьшается от нижнего к верхнему высотному уровню. Наибольшее варьирование высоты снежного покрова отмечено на втором, меньше на первом, наиболее равномерное распределение снега отмечается на третьем высотном уровне. Это может быть объяснено наиболее выраженным здесь явлением перераспределения ветром снега с выше расположенной части склона и повышений в мезорельефе («ребра» склона) в понижения (лога, впадины). На границе сомкнутых лесов перенос снега гасится снегозадерживающим эффектом древесных растений. Во всех исследуемых профилях глубина снега на гребне составляет всего 5–7 см. А в подветренной части создаются снежные надувы.

Запас влаги содержащийся в снеге напрямую зависит от ее мощности ( $R^2$  выше 0,84). Соответственно содержание запаса влаги зависит от глубины снега, на склоне имеет аналогичную динамику. Плотность снега выше на верхнем и

среднем высотных уровнях, чем на нижнем высотном уровне и увеличивается при уменьшении глубины снега.

### 5.3 Характеристика почв и их влажность по горизонтам на высотных профилях на экотоне лес–горная степь

На исследуемых участках морфологический облик почв чрезвычайно прост. Почва представляет небольшой по мощности гумусированный слой, обычно включающий в себя большое количество обломков коренных пород.

На массиве гор Южный Крака на верхнем уровне мощность почв колеблется в среднем от 7,3 до 14,3 см, на Северном Крака толщина слоя почвогрунта составляет всего 5–7 см, с очень частыми обнажениями материнской породы (табл. 6). Ниже, на втором и третьем высотном уровнях мощность почв постепенно увеличивается. В пределах высотного уровня мощность почвенного профиля повсеместно сильно варьирует и зависит от особенностей микрорельефа и крутизны склона. В редких случаях (ложбины стока) глубина почвенного профиля превышает 40 см.

Таблица 6 – Средняя глубина нижней границы горизонта почвы, влажность и запасы воды на разных высотных уровнях профилей

Профиль	Уровень	Дата измерения	Глубина нижней границы горизонта почвы, см				Влажность почвы (в %) на				Запас воды, л./м <sup>2</sup>
			A0	A1	AB	B	5 см	10 см	20 см	30 см	
<b>Южный Крака</b>											
I	1	19.06	0,5	3,7	–	7,3	9,6	–	–	–	9,6
I	3	19.06	1,9	7,2	11,9	26,5	11,3	13,7	10,5	7,6	33,7
II	1	24.06	0,5	3,5	–	7,5	7,0	–	–	–	7,0
II	2	24.06	1,3	10,4	13,1	22,5	5,8	9,4	8,1	–	20,4
II	3	24.06	2,2	9,9	11,9	24,5	6,2	9,8	8,3	6,0	24,3
III	1	25.06	0,7	6,7	–	14,3	4,9	9,7	–	–	6,4
III	2	25.06	1,2	6,7	9,3	18,6	5,9	8,7	8,7	–	20,4
III	3	25.06	1,4	5,3	7,2	20,1	7,4	11,0	10,6	7,7	29,2
<b>Северный Крака</b>											
I	1	12.07	0,5	3,4	5,1	–	6,0	–	–	–	3,6
I	2	12.07	1,1	8,3	10,3	28,9	23,7	28,3	26,3	25,6	79,2
I	3	12.07	0,8	9,0	11,5	30,3	24,4	30,7	27,8	30,2	85,8
II	1	22.07	0,7	3,8	5,5	11,7	29,1	–	–	–	29,1
II	2	22.07	0,9	8,4	10,1	27,3	23,7	28,3	26,3	27,1	80,0
II	3	22.07	1,3	5,6	7,1	25,7	18,5	21,9	21,0	22,0	63,1
III	1	16.06	0,5	3,7	5,3	–	12,3	–	–	–	7,4
III	2	16.06	1,4	11,1	14,7	29,8	14,6	17,2	17,4	22,0	52,9
III	3	16.06	1,9	6,3	11,8	29,9	11,5	14,1	15,9	12,2	41,8
IV	1	15.06	0,5	3,5	5,0	–	23,7	–	–	–	14,2
IV	2	15.06	1,6	8,2	12,2	23,8	19,9	23,0	23,5	23,8	68,3
IV	3	15.06	2,7	8,6	11,3	27,5	19,0	24,1	24,5	22,5	69,4



Содержание влаги в почве ее пространственное распределение напрямую зависит от мощности почвенного профиля и положения в пределах экотона. Также влажность почвы снижается при увеличении количества включенного в грунт щебня. Содержание влаги минимально на поверхности почвы. Максимальное содержание влаги отмечается на глубине 10 см. Глубже содержание влаги постепенно снижается.

#### 5.4 Факторы, определяющие возобновление деревьев на остепненных склонах

Анализ связи возобновления деревьев на исследуемых профилях с климатическими параметрами показал, прямой зависимости возобновления с температурным режимом нет. Анализ зависимости с количеством осадков в теплый и холодный период показал более значимые корреляционные связи. При этом тесные связи ( $R^2=0,65$ ) между количеством деревьев и количеством осадков в мае-августе были найдены лишь для периода между 1930 и 1950 гг. для древостоев, произрастающих в нижних частях экотона. В теплое время года для других периодов и верхней части экотона связи отсутствовали или были незначимыми. Анализ зависимости количества деревьев, от суммы осадков предшествующего холодного периода показал, что до 1970 г. влияние зимних осадков на появление деревьев было не выражено, а в период с 1975 по 2005 гг. на всех высотных уровнях от сомкнутого леса до горных степей наблюдалась явная зависимость лесовозобновления от количества зимних осадков ( $R^2=0.61-0.74$ ) (рис. 4).

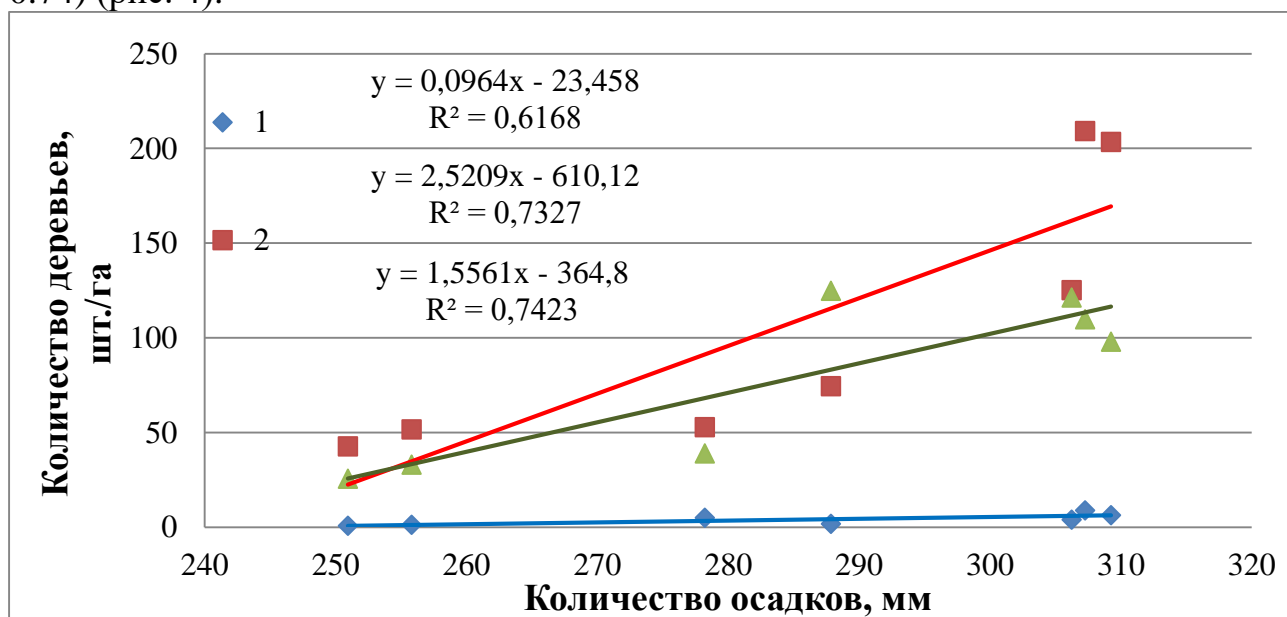


Рисунок 4 – Зависимость количества деревьев от суммы осадков предшествующего холодного периода в 1975-2005 гг.: 1 – 1 уровень; 2 – 2 уровень; 3 – 3 уровень

При оценке изменения площади лесов было выявлено, что сомкнутые древостои в основном сформировались в нижних частях остепненных склонов, логах и микропонижениях рельефа. Далее было выявлено, что здесь

накапливается самое большое количество снега, и самая большая мощность почв.

Результаты анализа связей подтверждают, между количеством учтенного на площадках подроста (табл. 1) и запасами влаги в снеге (табл. 5) и почве (табл. 6), показали высокую корреляцию с тем, что при увеличении запаса влаги в толще снега (А) и увеличения влажности почвы (Б) по мере продвижения вниз по профилю и уменьшения высоты над ур.м. на фоне возрастания густоты древостоев количество живого подроста возрастает в десятки раз. Если между запасом влаги в снеге и количеством деревьев корреляция выше на Северном Крака, то между запасом влаги в почве – связь выше на Южном Крака (рис. 5).

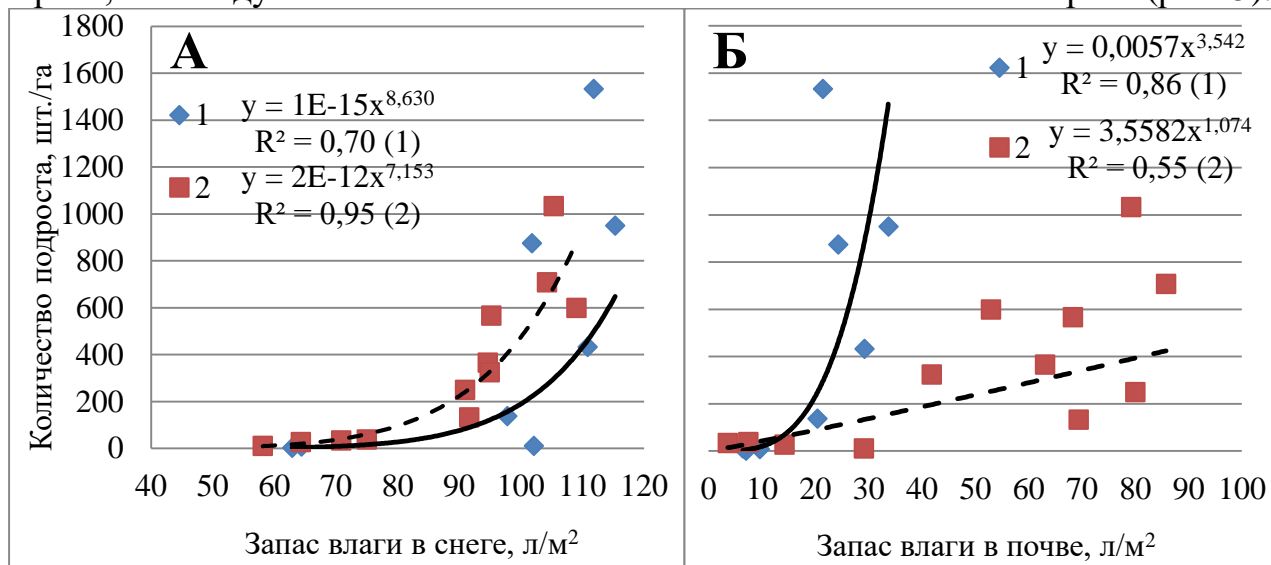


Рисунок 5 – Зависимость между количеством подроста и запасом влаги в снеге в 2019 г (А), запасом влаги почвы (Б) на обследованных площадках в экотоне лес-горная степь на Южном Крака (1) и Северном Крака (2).

## ВЫВОДЫ

1. На остепненных склонах массива Крака в экотоне лес горная степь в последние десятилетия, при отсутствии пожаров, происходит интенсивная экспансия древесных растений на безлесные пространства, которая активизировалась после 1970 г.

2. Повсеместное зарастание безлесных участков древесной растительностью и сокращение площади горных степей в массиве гор Крака происходит на фоне увеличения температуры воздуха и количества осадков, которые наибольшей степени произошло в зимние период.

3. Степень зарастания горных степей зависит от их площади, чем меньше изначальная площадь безлесного участка, тем интенсивнее на сегодняшний день происходит его облесение и уменьшение размера. Интенсивность возобновления на различных участках склона определяется локальными условиями местопроизрастания, а именно крутизной и экспозиций склона, мощностью и каменистостью грунтов, положением в мезорельефе.

4. Увеличение площади лесов вследствие зарастания горных степей древесной растительностью на фоне повышения температуры и количества

осадков холодного периода привело к значительному повышению запаса фитомассы, которая составляет за последние 30 лет 92,3 тыс. тонн в целом по массиву Крака. Обнаруженные зависимости наземной фитомассы древостоев и их фракций от диаметра у основания и высоты ствола в горах закономерно меняются от положения на склоне, возраста и от биологических особенностей каждого вида деревьев.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Публикации в изданиях Перечня ВАК РФ

1. Моисеев, П.А. Динамика древесной растительности на участках остепненных склонов Южного Крака в последние 80 лет / П.А. Моисеев, **И.К. Гайсин**, М.О. Бубнов, О.О. Моисеева // Экология. – 2018. – № 2. – С. 157–162.
2. **Гайсин, И.К.** Экспансия древесной растительности в экотоне лес–горная степь на Южном Урале в связи с изменениями климата и влажности местообитаний / И.К. Гайсин, П.А. Моисеев, И.И. Махмутова, Н.Ф. Низаметдинов, О.О. Моисеева // Экология. – 2020. – № 4. – С. 251–264.
3. **Гайсин, И.К.** Структура древостоев и особенности накопления ими фитомассы на остепненных склонах массива гор Крака (Южный Урал) / И.К. Гайсин, П.А. Моисеев, Д.С. Балакин, З.Я. Нагимов // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2021. – №. 56. – С. 125–151.

### Публикации в других изданиях

4. **Гайсин, И.К.** Особенности восстановительные сукцессии в светлохвойных лесах Башкирского заповедника / И.К. Гайсин // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы VII Всеросс. науч.-практ. конф. – Сибай: СГТ - ф-л ГУП РБ ИД РБ, 2015. – С. 77–82.
5. **Гайсин, И.К.** Естественное возобновление в лесах Башкирского заповедника после пожаров / И.К. Гайсин // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: материалы VIII Всеросс. науч.-практ. конф. – Сибай: Сибайская городская типография - филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан», 2016. – С. 188–193.
6. **Гайсин, И.К.** Естественное возобновление в лесах Башкирского заповедника после низовых пожаров / И.К. Гайсин // Природные резерваты - гарант будущего: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященный 100-летию заповедной системы России и Баргузинского государственного природного биосферного заповедника, Году ООПТ и Году экологии. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. – С. 75–81.
7. Моисеев, П.А. Причины и динамика облесения экстразональных горных степей массива Южный Крака / П.А. Моисеев, **И.К. Гайсин**, М.О. Бубнов, О.О. Моисеева // Заповедная страна: научная деятельность европейских ООПТ России: сб. науч. трудов. – Уфа: Информреклама, 2017. – Вып. 6. – С. 95–107.
8. **Гайсин, И.К.** Заращение экстразональных горных степей Южного Крака лесной растительностью / И.К. Гайсин // Экологические проблемы Южного Урала и пути их решения: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. – Сибай: Сибайская городская типография - филиал ГУП РБ Издательский дом

«Республика Башкортостан», 2017. – С. 41–47.

9. **Гайсин, И.К.** Экспансия леса на экстразональные горные степи массива Крака / И.К. Гайсин, И.И. Риянова, А.А. Петрова // Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Аэтерна, 2019. – Т. I. – С. 73–82.

10. **Гайсин, И.К.** Изменения структуры и наземной фитомассы древостоев в переходной зоне между лесом и горными степями на массиве Крака, Южный Урал / И.К. Гайсин, И.И. Риянова, А.А. Петрова // Актуальные проблемы теории, методологии и практики научной деятельности: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Аэтерна, 2020. – С. 11–16.

11. **Гайсин, И.К.** Характер распределения снежного покрова в массиве гор Крака (Южный Урал) и влияние на древесную растительность. / И.К. Гайсин // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Том 7: Сб. статей VII Всеросс. (национальной) науч.-практ. конф. – Сочи: ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Донской издательский центр, 2020 – С. 89–97.

12. **Гайсин, И.К.** Содержание почвенной влаги на экотоне лес-горная степь на склонах массива Южный Крака (Южный Урал) / И.К. Гайсин // Актуальные вопросы охраны биоразнообразия на заповедных территориях: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 110-летию биологического образования в Республике Башкортостан, 90-летию Башкирского государственного заповедника и 40-летию Южно-Уральского государственного природного заповедника. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2020. – С. 15–20.