НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Природопользование и охрана природы:
Охрана памятников природы,
биологического и ландшафтного
разнообразия Томского Приобья
и других регионов России**

**Материалы IX Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

Томск, 21–23 апреля 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

картах, но извлекается из данных радарной съёмки. Следовательно, можно предположить, что данный холм является водоразделом, на что указывают отличающиеся значения содержания железа в скважинах. Резкое увеличение концентрации железа в скважине 42 можно объяснить наличием частного сектора и рядом расположенной федеральной трассой. Уменьшение содержания железа в скважине 767 по отношению к скважине 42, можно объяснить тем, что скважина находится на берегу Красноярского водохранилища и концентрация железа разбавляется его ифильтрационными водами. Следует отметить, что разбавление проходит не слишком активно, поскольку берег водохранилища вдоль пгт. Усть-Абакан укреплен бетонными плитами, что затрудняет процесс инфильтрации.

Всего было обработано более 200 скважин, находящиеся на территории Республики Хакасия. Из них были выбраны скважины, территориально находящиеся в пределах Южно-Минусинской котловины. Далее из полученного массива данных по скважинам были отобраны те, у которых имеются результаты химического анализа за период с 2014 по 2019 г. Затем был проведен анализ расположения скважин относительно друг друга с учетом особенностей рельефа и размещения поверхностных водотоков.

На выбранном для анализа участке Черногорск – Усть-Абакан имеются 4 скважины, расположенные на одном водоразделе. В результате анализа микрорельефа участка с использованием SRTM был выделен «микроводораздел», объясняющий разницу в значениях железа в скважинах 756 и 752 и который был учтен при интерполяции данных. Построенная поверхность распространения железа показывает его возможные значения в других точках.

Литература

1. Дутова Е.М., Покровский Д.С., Парначев В.П., Покровский В.Д. Геохимические особенности подземных вод хозяйственно-питьевого назначения Республики Хакасия // Вестник ТГУ. 2015. № 394. С. 239–249.
2. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Булатов А.А., Кузеванов К.И. Подземные воды Республики Хакасия и водоснабжение населения. Томск : Изд-во НТЛ, 2001. 300 с.
3. Отчет о результатах работ по объекту № 2-50/14 «Создание комплектов Государственных гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000 листов N-43 Омск, N-44 Новосибирск, N-45 Новокузнецк, N-46 Абакан, M-47 Воронеж и гидрогеологической карты масштаба 1:1 000 000 Печорского артезианского бассейна». Государственный контракт от 20.02.2014 г. № АМ-02-34/15. Государственная гидрогеологическая карта масштаба 1:1 000 000. Лист N-45 (Новокузнецк). Договор подряда с ФГУП «ВСЕГИНГЕО» от 15.04.2014 г. № 2/2014 г. М., 2016.

DOI: 10.17223/978-5-94621-954-9-2020-37

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ И НАЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ДРЕВОСТОЕВ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ МЕЖДУ ЛЕСОМ И ГОРНЫМИ СТЕПЯМИ НА МАССИВЕ КРАКА, ЮЖНЫЙ УРАЛ CHANGES IN THE STRUCTURE AND ABOVEGROUND BIOMASS OF STANDS IN THE TRANSITION ZONE BETWEEN THE FOREST AND MOUNTAIN STEPPE IN THE KRAKA MASSIF, SOUTH URALS

И.К. Гайсин

I.K. Gaysin

Башкирский государственный заповедник, Республика Башкортостан,

Бурзянский район, с. Старосубхангулово

i.gaisin2012@yandex.ru

Исследована структура древостоев в экотоне между лесом и экстразональными степями на южных склонах горного массива Южный Крака (восточной макросклон Южного Урала). На основе данных таксации и выявленных тесных связей между фитомассой деревьев и диаметрами их стволов проведены расчеты надзем-

ной фитомассы древостоев. Показано, что ухудшение микроклиматических и почвенно-грунтовых условий для роста и возобновления деревьев в переходной зоне между лесом и горными степями приводит к существенному изменению таксационных характеристик и запасов надземной фитомассы древостоев.

The structure of tree stands in the ecotone between the forest and extrazonal steppes on southern slope the South Kraka mountain range (eastern macro slope of the South Urals) was investigated. On the basis of taxation data and the identified close relationships between the biomass of trees and the diameters of their trunks, aboveground biomass of stands was calculated. It has been shown that the deterioration of microclimatic and soil conditions for the growth and regeneration of trees in the transition zone between the forest and mountain steppes leads to a significant change in taxation characteristics and aboveground biomass of tree stands.

Ключевые слова: экотон лес-горная степь, структура древостоев, фитомасса, Южный Крака.

Key words: ecotone forest-mountain steppe, tree stands structure and biomass, South Kraka.

Актуальность исследований углеродного цикла лесов России напрямую связана с проблемой глобальных изменений климата и парникового эффекта. В настоящее время в мире идёт и продолжится в обозримой перспективе повышение температуры и изменение режима выпадения осадков, связанное, прежде всего, с повышением содержания углекислого газа. В связи с этим роль лесов как составной части биосферы непрерывно увеличивается, особенно если рассматривать лесной покров как непрерывно действующий живой механизм по утилизации углекислого газа атмосферы [1–2].

Изменения климата приводят к повышению производительности лесных экосистем и смещению границы лесов в высокогорьях [3–4], зарастанию древесной растительностью некоторых степных и лесостепных регионов [5–6]. Приводятся и другие сведения, например, о нарастании вагодефицитного стресса деревьев в засушливых районах, вплоть до гибели древостоя сокращения площади лесных участков [7–8].

В массиве Южный Крака представлены уникальные природные комплексы, сформировавшиеся в экстремальных почвенно-климатических условиях и образующие сложное сочетание сосново-лиственничных лесов и горных экстразональных степей. Сравнительный анализ современных космоснимков и топографических карт прошлых лет этого района показал, что происходит уменьшение площади степей вследствие зарастания их древесной растительностью [9–10]. При этом нет данных об особенностях структуры и распределения фитомассы древостоев, произрастающих в переходной зоне (экотоне) лес – горная степь.

Объекты и методика исследования. Исследования проводились на склонах массива Южный Крака (59°30'–59°40' с. ш., 59°00'–59°20' в. д.) в западной части территории Башкирского заповедника. Южный Крака – это невысокая горная область с крайне пересеченным рельефом. Абсолютная высота хребтов и гряд массива – 700–900 м над уровнем моря. Массив сложен ультраосновными изверженными породами. Район характеризуется климатическими контрастами. Средняя годовая температура +1,2°C, максимальная +31,0°C, минимальная – 41,5°C, годовое количество осадков 500–700 мм. Вегетационный период составляет 106–110 дней [11–12].

Исследовались светлохвойные древостои, произрастающие в переходной зоне (экотоне) между лесом и горной степью. Такие «остепенённые» участки распространены на склонах преимущественно южных экспозиций. На склонах гор Большой Башарт, Башарт и Авдэктэ закладывали высотные профили, в пределах которых фиксировали три высотных уровня: нижний – у верхней границы сомкнутых лесов, средний – у верхней границы редколесий, верхний – у верхней границы редин. На нижнем и среднем высотном уровнях закладывали 3 площади размером 20 × 20 м. На верхнем уровне закладывали полигоны площадью 1–3 га. Для каждого дерева определяли следующие параметры: высота, диаметр ствола у основания и на высоте 1,3 м, диаметр проекции кроны по двум направлениям, жизненное состояние. Для определения воз-

раста у деревьев диаметром более 3 см брали буровой образец древесины (кern). Датировку проводили стандартными дендрохронологическими методами.

Модельные деревья для определения фитомассы выбирались в непосредственной близости от заложённых пробных площадей, средние по морфометрическим параметрам для каждого выделенного класса диаметра. Фитомасса определена у 16 деревьев сосны с подразделением на следующие фракции: фитомасса ствола, живых и мертвых ветвей, хвои. Фитомасса стволов в коре была определена непосредственным взвешиванием в полевых условиях с точностью 50 г, для чего ствол распиливался на 1–2 м секции. Процентное содержание абсолютно сухого вещества в древесине определено по дискам с распиленными секциями. Древесина и кора с дисков взвешивались на месте с точностью до 0,1 г, а затем определялись их массы после сушки до абсолютно сухого состояния. При определении фитомассы кроны все живые ветви со ствола были обрублены взвешены для определения общей массы, после чего производилось деление кроны на охвоённую и нехвоённую части. Из охвоённой части отбиралась навеска до 1/8 части по весу от общей. Хвоя в навеске общипывалась, а оставшиеся ветви взвешивались. Для перевода фитомассы хвои и ветвей со свежего в абсолютно сухое состояние у каждого модельного дерева взяты навески хвои и спилов ветвей разной толщины, термовесовым методом рассчитаны показатели содержания сухого вещества и определена масса хвои и ветвей дерева в абсолютно сухом состоянии.

На основе данных по диаметрам стволов отдельных деревьев на обследованных пробных площадках и выявленных тесных связей между надземной фитомассой деревьев и диаметрами их стволов были проведены расчеты надземной фитомассы древостоев, произрастающих в различных частях переходной полосы лес-горная степь.

Результаты. Профили расположены на высоте над уровнем моря от 575–900 метров. Положение границы между лесами и горными степями зависит от экспозиции, крутизны и каменистости склона. Протяженность переходной зоны также различна, на отдельных склонах переход довольно резкий, на других более протяженный.

На всех профилях по мере продвижения от нижнего уровня к верхнему крутизна склона незначительно увеличивается, на нижнем уровне крутизна отмечается в пределах 20–30°, на среднем 25–30°, на верхнем 25–35°, но на склоне встречаются отдельные участки, где крутизна достигает 40–45° (таблица).

На исследуемых профилях средние показатели диаметра, высоты и возраста деревьев увеличиваются от нижнего уровня к верхнему (таблица). Так, средний диаметр деревьев на верхнем уровне составляет 24,8–32,1 см при средней высоте 8,0–10,4 м и возрасте 131–152 года.

Невысокий ствол характерен для деревьев, произрастающих в очень жестких условиях. Здесь присутствуют единичные старовозрастные деревья, которые каким-то образом закрепились на этих склонах. Количество деревьев составляет всего 22,4–50 шт./га, из них подрост 18±4 %. Очевидно, что в жестких условиях выживают только самые «удачливые» особи, которые попали в более мягкие микроклиматические условия произрастания (тень в дневное время, микропонижение и т.д.). По мере продвижения ниже по склону и при существенном улучшении микроклиматических условий численность деревьев увеличивается в 15 раз на среднем уровне и в 56 раз на нижнем уровне, а количество подроста составляет 45–65 % и 40–50 %, соответственно, от общего количества древесных растений. Вследствие этого средние морфометрические показатели древостоев изменяются, снижается средний возраст, высота увеличивается. Подрост в нижних частях приурочен к кромке леса, где выпадает наибольшее количество семян, а материнский древостой создает благоприятные микроклиматические условия для прорастания, при этом не создает конкуренции.

**Характеристика древостоя на различных высотных уровнях обследованных профилей
на склонах горных массивов Южный Крак**

Профиль	Высотный уровень	Высота над уровнем моря, м	Крутизна склона, °	Диаметр у основания, см	Высота, м	Возраст, лет	Диаметр кроны, м	Фитомасса, т/га	Количество деревьев, шт./га	Площадь проекций кроны, м²/га
I Большой Башарт	2–3	810–730	30–35	32,1	9,5	152	5,2	6,6	37,6	616
	1	700–690	25–30	16,4	8,7	74	2,8	64,0	1883	5742
II Башарт	3	750–715	25–30	24,8	8,0	138	4,3	9,9	22,4	290
	2	715–705	20–25	20,8	7,9	99	3,2	79,8	675	4321
	1	680	20–25	14,7	7,5	80	2,9	111,1	2000	7427
III Авдэктэ	3	650–610	25–30	29,3	10,4	131	5,3	13,0	50	860
	2	595–580	20–25	11,2	5,2	46	2,4	70,8	2383	3843
	1	575	20	24,7	13,8	93	4,4	116,7	1050	9372

По данным, полученным при изучении модельных деревьев, были разработаны уравнения зависимости массы различных фракций от диаметра у основания ствола. При анализе пригодности регрессионных уравнений для описания указанной зависимости было установлено, что лучшие результаты дает степенная функция $y = ax^b$. Полученные уравнения характеризуются высокими значениями коэффициента детерминации, что позволяет использовать их для расчетов фитомассы отдельных деревьев и древостоев в целом (рис. 1).

Наши расчеты показали (табл. 1), что общая надземная фитомасса древостоев на верхней границе сомкнутых лесов (1 высотный уровень) в среднем по всем профилям составляет 97,3 т/га и колеблется от 64,0 до 116,7 т/га.

При переходе к верхней границе редколесий (2 высотный уровень) она снижается почти в 1,6 раза и составляет в среднем 75,3 т/га (70,8–79,8 т/га). К границе редин (3 высотный уровень) надземная фитомасса древостоев сокращается еще почти в 12 раз или до 9,8 т/га (1,3–13,0 т/га).

Рис. 1. Соотношение общей массы к диаметру ствола сосны на границе сомкнутых лесов на горно-степных склонах Южного Крака

В надземной фитомассе наибольшая доля приходится на ствол деревьев (от 69,3 до 73,8 %). Выявлено, что доля массы кроны увеличивается на верхних частях склона. Это связано

с тем, что деревья, растущие отдельно, имеют раскидистую, развитую крону, мощное ветвление и невысокий ствол в отличие от растущих в насаждениях, у которых основная масса сосредоточена в стволе, а крона располагается только на самой верхней части. Отмечено, что с увеличением диаметра повышается масса ствола относительно кроны.

Таким образом, жесткие условия среды (увеличение влагодефицита) на склонах массива Южный Крак оказывают существенное влияние на изменения таксационных характеристик и запасы надземной фитомассы древостоев при переходе от леса к горным степям. Характер распределения деревьев по таксационным признакам существенно различается по высотным уровням. На среднем уровне создаются наиболее благоприятные условия для появления и роста подроста. А на верхнем уровне молодняк появляется в основном на участках, где исключена прямая солнечная инсоляция в самое жаркое время дня и в понижениях мезорельефа.

Изменения фитомассы деревьев в зависимости от их диаметра, возраста и высоты в горах зависит также от положения на склоне. В жестких условиях в формировании фитомассы наблюдаются закономерные изменения не только абсолютных значений фракций надземной фитомассы деревьев, но и соотношение их между собой.

Литература

1. Будыко М.И., Винников К.Я., Менжулин Г.В. Современное изменение климата // Проблемы современной гидрологии. Л. : Гидрометеиздат, 1989. С. 108–124.
2. Кокорин А.О. Изменение климата / А.О. Кокорин, Е.В. Смирнова, Д.Г. Замолотчиков. М. : WWF, 2013. 220 с.
3. Моисеев П.А., Бубнов М.О., Дэви Н.М., Нагимов З.Я. Изменение структуры и фитомассы древостоев на верхнем пределе их произрастания на Южном Урале // Экология. 2016. № 3. С. 163–172.
4. Нагимов З.Я., Моисеев П.А., Барыш А.А., Рахманов И.В., Григорьев А.А. Структура и фитомасса березовых древостоев на верхней границе леса в условиях Северного Урала // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2008. № 3. С. 61–67.
5. Баландин С.В. Динамика степной растительности Уктусских гор (Средний Урал) // Ботан. журн. 2001. Т. 86, № 5. С. 103–110.
6. Золотарева Н.В., Золотарев М.П. Феномен облесения степных участков на Среднем Урале и его вероятные причины // Экология. 2016. № 6. С. 414–425.
7. Кучеров С.Е., Кучерова С.В. Усыхание дуба на юго-восточной границе ареала в связи с воздействием повреждающих факторов // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2013. Т. 15, № 3 (4). С. 1341–1343.
8. Аненхонов О.А., Лю Х., Ху Г., Бадмаева Н.К. Мониторинг гидротермических условий в экспозиционной лесостепи Западного Забайкалья // Вестник Бурятского НЦ Сиб. отд. РАН. 2014. № 3 (15). С. 255–263.
9. Волков Д.А. Дистанционный мониторинг многолетней динамики границы леса и горной степи в Башкирском заповеднике: методика и результаты // Уральский экологический вестник. 2017. № 1. С. 24–28.
10. Моисеев П.А., Гайсин И.К., Бубнов М.О., Моисеева О.О. Динамика древесной растительности на участках остепненных склонов Южного Крака в последние 80 лет // Экология. 2018. № 2. С. 157–162.
11. Агроклиматические ресурсы Башкирской АССР. Л. : Гидрометеиздат, 1976. 235 с.
12. Мартыненко В.Б., Соломещ А.И., Жирнова Т.В. Леса Башкирского государственного заповедника: синтаксономия и природоохранная значимость. Уфа : Гилем, 2003. 184 с.