

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 581.5.(582.475.4)

СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ
БАРГУЗИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

© 2012 г. Т. А. Михайлова, О. В. Калугина

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН

664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 132, а/я 317

E-mail: mikh@sifibr.irk.ru; phytotox@sifibr.irk.ru

Поступила в редакцию 30.06.2010 г.

Проведена оценка состояния сосновых древостоев в бассейне р. Баргузин (крупный приток оз. Байкал) по морфоструктурным параметрам крон деревьев и содержанию химических элементов в их хвое. Выявлено, что рассмотренные показатели в значительной степени зависят от природных условий произрастания и воздействия ряда антропогенных факторов. Наиболее высокими показателями характеризуются древостои, сформировавшиеся на севере котловины. В южной ее части обнаруживается ослабление состояния деревьев из-за выраженной рекреационной нагрузки. В центральной части котловины, где наблюдается воздействие комплекса антропогенных факторов, рассмотренные показатели свидетельствуют о сильных негативных изменениях состояния сосновых древостоев.

Сосновые древостои, морфоструктурные параметры крон, элементный химический состав хвои, Баргузинская котловина, Забайкалье.

Баргузинская котловина (Западное Забайкалье в пределах Республики Бурятия) входит в состав водосборного бассейна оз. Байкал и включает один из крупных его притоков – р. Баргузин (рис. 1). Природный комплекс Баргузинской котловины уникален – на этой небольшой территории наблюдается огромное разнообразие экосистем: здесь можно встретить горную тундру, тайгу, степи, горные реки с водопадами, высокогорные озера с пресной водой, содово-соленые озера, верховые и низинные болота. Кроме того, в бассейне р. Баргузин обнаружены минеральные источники – горячие термальные и холодные, которые по своему составу схожи с кавказскими минеральными водами [26]. По мнению отечественных ученых и экспертов Всемирного Банка, Баргузинская котловина – оптимальная экотуристическая территория [29], на которой возможно развитие альпинизма, пешеходного, лыжного, водного туризма, строительство лечебно-оздоровительных комплексов.

Важнейшим средообразующим ресурсом Баргузинской котловины являются леса. Они выполняют климаторегулирующую и противозероизирующую функции, во многом определяют водный режим и другие характеристики природных ком-

плексов. По состоянию лесных экосистем можно адекватно оценить экологическую ситуацию на данной территории.

В настоящее время леса в Баргузинской котловине подвергаются негативному воздействию антропогенных факторов разного генезиса. Результаты съемки со спутника и наши наземные обследования свидетельствуют о значительных вырубках древостоев, хотя 2/3 площади лесов Баргузинской котловины по целевому назначению отнесены к защитным, в которых, в соответствии с Лесным кодексом РФ [15], допускаются только выборочные рубки погибших и поврежденных лесных насаждений. С каждым годом леса все больше страдают и от пожаров. Так, за последние 10 лет на территории Баргузинского лесничества произошло 230 лесных пожаров на площади около 4 тыс. га [16]. Кроме того, в лесах наблюдаются и другие негативные процессы – усиление эрозии почвенного покрова, сокращение численности ряда видов животных, уничтожение ценных видов травянистых растений в результате повышенной рекреационной нагрузки и занос синантропных видов. Для территории характерна плотная дорожно-тропиночная сеть и развитая сеть автомобильных дорог. При этом допустимая

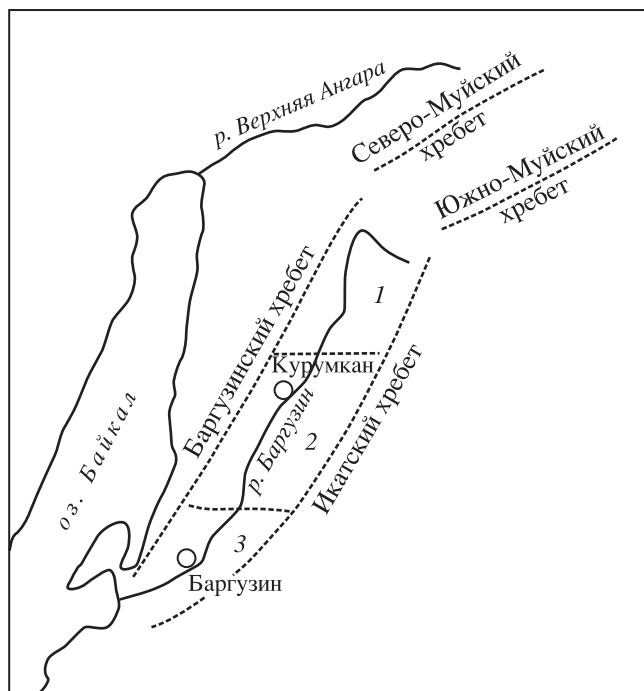


Рис. 1. Карта-схема Баргузинской котловины: 1 – северная часть, 2 – центральная часть, 3 – южная часть.

рекреационная нагрузка [5] для сосновых лесов котловины превышена в 8 и более раз.

Для рационального использования территории требуется определить ее экологическую емкость путем исследования состояния ключевых компонентов природных комплексов. В этом плане довольно полно изучены природные экосистемы северной части Баргузинской котловины, в частности, на территории заповедника “Джержинский” [9]. Особенно детально исследованы водные экосистемы [8, 21]; результаты почвенных исследований обобщены в монографии “Почвы Баргузинской котловины” [1]. Значительное число работ посвящено изучению степных сообществ котловины [20, 23 и др.]. В то же время, нами не найдено публикаций, связанных с исследованием древостоев основных лесообразующих пород Баргузинской котловины. Исходя из этого, цель данной работы заключалась в оценке состояния сосновых древостоев на территории Баргузинской котловины на основе исследования морфо-структурных параметров крон деревьев и обеспеченности ассимиляционных органов элементами питания.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Территория исследований отличается значительным разнообразием орографических, климатических, гидрологических и почвенных усло-

вий. Протяженность котловины составляет около 200 км, ширина – от 13 до 35 км. С запада и северо-запада она обрамлена крутыми склонами Баргузинского хребта с абсолютными высотами 2600–2840 м, с юго-востока и востока – более пологим Икатским хребтом (максимальная высота 2558 м), на юго-западе замыкается Голондинским хребтом (1000 м), в северной части – соединением нескольких крупных хребтов [2]. Орографическое окружение не исключает возможности вторжения в котловину воздушных масс с юго-запада и северо-востока [7].

Климат рассматриваемой территории резко континентальный, суровый и засушливый. Среднегодовые значения температуры на днище котловины изменяются от $-5.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на севере до $-3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ в центральной и $-2.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ в южной частях, сумма температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличивается в том же направлении от 1000° до 1800° , продолжительность безморозного периода возрастает от 83 до 117 дней, континентальность климата по Ценкеру равна 92–83. Осадки по котловине распределяются неравномерно. Наиболее засушлива центральная ее часть, где выпадает 200–250 мм осадков; в предгорьях их сумма составляет 300–400, на окружающих хребтах – 1000–1600 мм в год. Преобладают ветры северных и северо-западных румбов [2].

Почвенный покров Баргузинской котловины достаточно мозаичен вследствие разного возраста и состава подстилающих геологических пород, неоднородности характера рельефа [14]. На платформенных участках и по долинам рек под лесными сообществами преобладают дерново-лесные и дерново-карбонатные почвы легкого механического состава с малой мощностью гумусового горизонта, широко распространены также борозные пески. На склонах горных хребтов леса произрастают на горных почвах со слабо развитым почвенным профилем [1].

В пределах Баргузинской котловины располагается 41 населенный пункт, численность жителей около 41 тыс. человек. При этом наиболее высокая плотность населения отмечается в южной и центральной ее частях. Основным видом деятельности населения является сельское хозяйство, преимущественно животноводство (скотоводство и овцеводство), а также лесозаготовка и переработка лесных ресурсов. Экстенсивное развитие сельского хозяйства и лесной промышленности привело к сильному негативному воздействию на растительность и почвенный покров Баргузинской котловины. Ряд авторов считает, что на этой территории, особенно в центральной части,

Таблица 1. Краткая характеристика сосновых древостоев Баргузинской котловины

Преобладающие типы леса	Высота, м над ур. моря	Состав древостоя	Класс бонитета*	Высота деревьев, м	Полнота древостоя
Северная часть котловины					
Сосняк рододендроновый разнотравный	613	10С	III	17	0.7
	620	10С	III	16	0.7
Центральная часть котловины					
Сосняк остепненный мертвопокровный рододендроновый	621	10С	IV	12	0.4
	528	10С	V	10	0.6
	610	10С	IV	14	0.6
Южная часть котловины					
Сосняк рододендроновый	617	8С2Л	III	16	0.7
Лес смешанный разнотравный	850	4К2П2С2Л	IV	15	0.6

* Классы бонитета приведены по [16].

Примечание. Обозначения в формуле древостоя: С – сосна, Л – лиственница, К – кедр, П – пихта.

сложилась кризисная экологическая ситуация [5, 6]. Здесь отмечается самый высокий в Бурятии процент эродированности земель (10% от общей площади Республики). Высокая численность поголовья и бессистемный выпас скота привели в свое время к опустыниванию лугово-степных ландшафтов. Достаточно часто (с интервалом 5–10 лет) на р. Баргузин отмечается мощный подъем уровня воды, вызывающий катастрофические наводнения, которые могут длиться 1–2 месяца.

Натурные обследования сосновых древостоев были проведены в 2005–2006 гг. и охватили северную, центральную и южную части Баргузинской котловины. Лесистость территории составляет 66%, при этом возможности увеличения площадей лесных насаждений весьма ограничены [5]. Преобладающая часть лесопокрытой территории занята хвойными формациями, наиболее распространены светлохвойные лиственничные и сосновые древостои. Сосняки занимают самые разнообразные местообитания: равнинные хорошо прогреваемые участки с песчаными и супесчаными почвами, а также горные склоны, часто с каменистыми и недоразвитыми почвами.

Широкое распространение сосновых древостоев (*Pinus sylvestris* L.) и их важная средообразующая роль обусловили выбор их в качестве объекта исследований. Обследование сосновых древостоев проводилось на 15 пробных площадях, заложенных в соответствии с методиками [22, 28]. Пробные площадки закладывали в разных типах средневозрастных сосняков с учетом их расположения в вертикальном поясе (табл. 1). Для срав-

нения элементного состава хвои в разных частях Баргузинской котловины рассматривали однотипные сосняки (рододендроновые). Обследованные насаждения в основном представлены чистыми по составу древостоями. Состояние деревьев оценивали по ряду морфоструктурных параметров крон: уровню дефолиации, продолжительности жизни хвои, длине побегов, длине и массе хвои на побегах, охвоенности побегов, а также по содержанию в хвое элементов: азота, фосфора, кальция, магния, калия, серы, кремния, натрия, марганца, меди, железа, цинка, свинца, кадмия, фтора. На каждой пробной площади оценивали уровень дефолиации 15–20 средневозрастных деревьев сосны в соответствии с [27]. Образцы хвои второго года жизни для определения элементного химического состава отбирали из средней части крон с 5–8 деревьев 40-летнего возраста (II класс по Крафту). На каждой пробной площадке отбирали 3 пробы, аналитическая повторяемость анализов составляла 9 измерений, для морфоструктурных параметров – 30–100 измерений. Элементный химический состав определяли методами атомно-абсорбционной спектрофотометрии, пламенной фотометрии, фотоколориметрирования [18, 24]. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Ms Office (Excel) и STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о значительной зависимости морфоструктурных параметров крон деревьев от условий произрастания.

Таблица 2. Морфоструктурные параметры крон деревьев в разных частях Баргузинской котловины

Место произрастания древостоев	Уровень дефолиации, %	Длина побега*, см	Масса хвои одного побега, г	Длина хвои, см	Число пар хвоинок на побеге, шт.
Северная часть	15–20	11.95±4.17	5.60±1.13	5.75±0.92	79.75±24.70
Центральная часть	30–40	5.80±0.71	2.10±0.28	4.90±0.28	41.25±8.98
Южная часть	20–25	10.20±4.67	4.15±1.06	5.00±0.42	63.45±25.10

* Исследованы побеги 2-го года жизни как наиболее физиологически активные.

Так, продолжительность жизни хвои в засушливых условиях (сосняк остепненный) и на горных склонах составляет 5 лет, редко достигая 6 лет, с увеличением степени увлажнения (в северной и южной частях) она возрастает до 7–8 лет; это самый высокий показатель для территории Байкальского региона.

Условия произрастания влияют и на уровень дефолиации крон деревьев. На участках достаточного увлажнения в южной и северной частях котловины уровень дефолиации низкий (не более 20%), в засушливых местообитаниях и на горных почвах со слабо развитым почвенным профилем он возрастает до 30–40%. В широких пределах (коэффициенты вариации составляют 65–80%) изменяются и другие параметры (табл. 2). При этом наиболее высокие показатели обнаруживаются в северной части обследованной территории.

Высокая вариабельность измеренных параметров крон деревьев в пределах небольшой по площади Баргузинской котловины связана, по-видимому, с широким разнообразием природных условий произрастания: в северной части – большое увлажнение и низкие среднегодовые температуры; в центральной – незначительное количество осадков, высокие летние температуры, бедность почв; в южной – наибольшая продолжительность безморозного периода. При сопоставлении количественных значений морфоструктурных параметров с таким интегральным показателем роста древостоев, как класс бонитета, выявляется определенное соответствие: в северной части котловины древостои сосны характеризуются наиболее высоким бонитетом, в центральной части – наиболее низким.

При исследовании содержания в хвое важнейших биофильных элементов – азота, фосфора, кальция, калия, магния, серы – выявлено, что их концентрации в большинстве случаев также зависят от условий произрастания древостоев (рис. 2, 3). Так, лучшая обеспеченность хвои азотом выявляется в древостоях северной части

котловины, меньшая – в низкопродуктивных сосняках центральной части. Содержание белковых веществ в хвое в северной части котловины составляет в среднем 1.14%, в южной – 0.95%, в центральной – 0.89% от сухой массы, в то же время уровень небелкового азота в хвое во всех частях котловины практически одинаков. Концентрация фосфора в хвое сосны также несколько выше в северной части котловины, содержание кальция в хвое сосны увеличивается, а калия – снижается в направлении с севера на юг. Концентрация магния в хвое в разных частях этой территории изменяется незначительно.

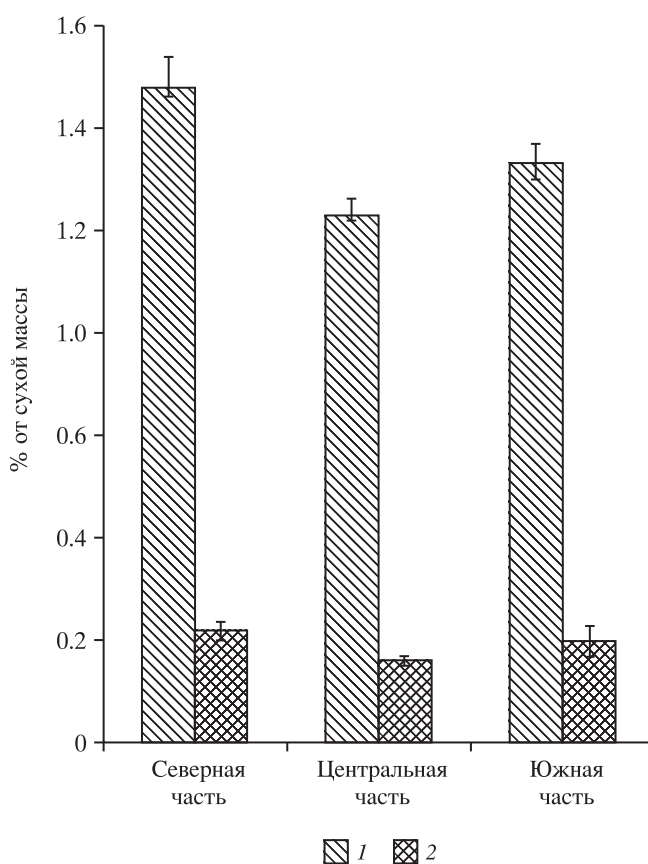


Рис. 2. Концентрации азота (1) и фосфора (2) в хвое деревьев в разных частях Баргузинской котловины.

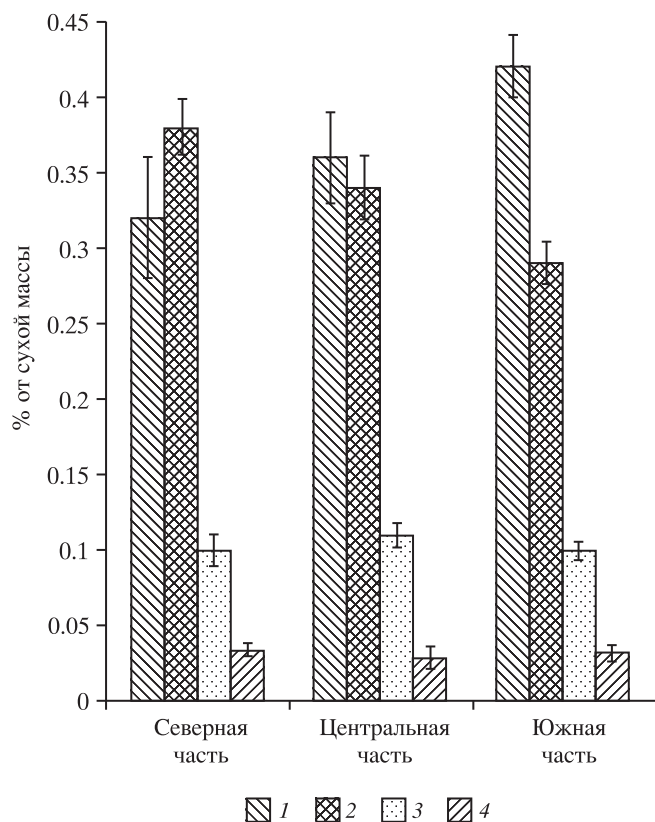


Рис. 3. Концентрации кальция (1), калия (2), магния (3), серы (4) в хвое деревьев в разных частях Баргузинской котловины.

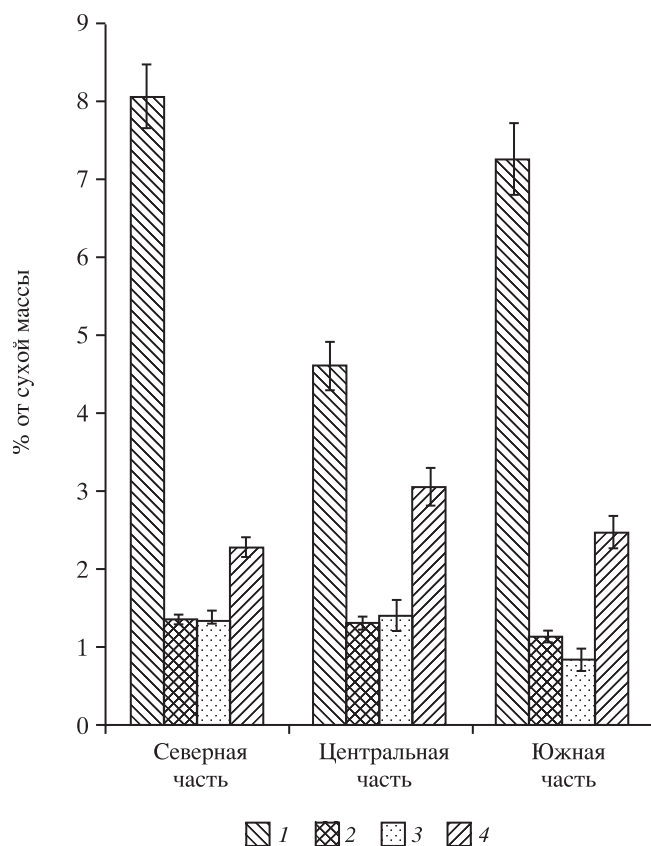


Рис. 4. Концентрации цинка ($1, \times 10^{-3}$), меди ($2, \times 10^{-4}$), железа ($3, \times 10^{-2}$), марганца ($4, \times 10^{-2}$) в хвое деревьев в разных частях Баргузинской котловины.

Уровень серы в хвое в среднем составляет 0.031% от сухой массы ($C.V. = 15\%$), что соответствует фоновым значениям, установленным для территории Юго-Западного Забайкалья и Предбайкалья [4, 19]. Повышенное на 20–25% содержание серы в хвое сосны обнаруживается вблизи сероводородных термальных источников – Умхейского и Аллинского. Вблизи всех минеральных источников в хвое обнаруживается также более высокий уровень кремния (на 20–30% выше среднего). Согласно шкале обеспеченности сосны элементами минерального питания [25] сосновые леса Баргузинской котловины испытывают недостаток азота и калия, достаточно обеспечены фосфором, магнием, кальцием, серой.

Концентрация в хвое ряда микроэлементов также варьирует в разных частях котловины. Так, для цинка $C.V. = 30\%$. При этом следует отметить, что в Баргузинской котловине уровень содержания этого элемента в хвое выше в 1.5–2.5 раза, чем на фоновых территориях Юго-Западного Забайкалья [3]. Лучшая обеспеченность хвои цинком выявляется в сосняках, произрастающих в достаточно

увлажненных северной и южной частях котловины, меньшая – в наиболее сухой центральной части (рис. 4). Эти результаты подтверждают сведения о большей доступности цинка для растений при возрастании влагообеспеченности почв [12].

Коэффициенты вариации для содержания железа и марганца в хвое сосны равны, соответственно, 33 и 54%, при этом между концентрациями этих элементов обнаруживается достоверно высокий уровень обратной корреляции ($r = -0.73$). Концентрация меди в хвое сосны также характеризуется значительным варьированием; в среднем уровень содержания этого элемента на 29–54% ниже, чем на фоновых территориях Юго-Западного Забайкалья, что, скорее всего, связано с низкой концентрацией меди в почве и коренных породах котловины. Содержание натрия в хвое сосны на обследованной территории варьирует незначительно ($C.V. = 10\%$), и в среднем оно на 20% ниже, чем в Юго-Западном Забайкалье. Результаты сравнения полученных данных со шкалой оптимальных концентраций микроэлементов для растений [13] показывают, что в хвое сосны

Таблица 3. Содержание элементов в хвое сосны в разных частях Баргузинской котловины

Место произрастания	Элементы, % от сухой массы		
	Фтор, $\times 10^{-3}$	Свинец, $\times 10^{-5}$	Кадмий, $\times 10^{-6}$
Северная часть	1.66±0.04	0.58±0.08	1.32±0.13
Центральная часть	0.97±0.11	0.64±0.09	1.21±0.10
Южная часть	1.18±0.07	0.62±0.05	1.05±0.08

в бассейне р. Баргузин уровни цинка, марганца и железа соответствуют оптимуму, а уровень меди ниже предела обеспеченности в 2.6 раза.

Содержание фтора в ассимиляционных органах сосны в пределах котловины близко к фоновым значениям, характерным для Юго-Западного Забайкалья (табл. 3). На севере котловины вблизи Умхейского и Сеюйского минеральных источников содержание фтора возрастает в 2.0–2.5 раза. Эти источники относятся к кульдурскому типу, который отличается высокой концентрацией фтора в растворе – от 0.014 до 0.026 г/л [17]. Содержание кадмия в хвое сосны Баргузинской котловины статистически не отличается от фонового для Юго-Западного Забайкалья, а уровень свинца в 1.5–2.0 раза ниже фона. Следует отметить, что концентрации фтора, свинца и кадмия в хвое сосны на обследованной территории значительно ниже порога токсичности, равного для фтора $3.0 \times 10^{-3}\%$, для свинца – $5.0 \times 10^{-4}\%$, для кадмия – $2.0 \times 10^{-5}\%$ от сухой массы [10, 11]. Таким образом, сосновые древостой в бассейне р. Баргузин не испытывают воздействия техногенных эмиссий.

Заключение. Рост и состояние сосновых древостоев в пределах Баргузинской котловины, отличающейся большим разнообразием природных условий и разным уровнем антропогенной нагрузки на ее территории, также существенно различаются. Наиболее высокими морфоструктурными показателями крон деревьев и лучшей обеспеченностью биогенными элементами характеризуются древостой, произрастающие на севере котловины. В южной ее части наблюдается ослабление состояния деревьев из-за выраженной рекреационной нагрузки. В центральной части котловины, где неблагоприятные природные условия (частые засухи, малоплодородные почвы) усиливаются влиянием комплекса негативных антропогенных факторов, изменения рассмотренных показателей свидетельствуют о сильном нарушении состояния древостоев. При разработке туристических маршрутов и размещении новых лечебно-оздоровительных объектов следует учитывать большую уязвимость природных комплексов и сниженные

средообразующие функции лесов в центральной части котловины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азьмука Т.И., Бахнов В.К., Волковинцер В.И.* Почвы Баргузинской котловины. Новосибирск: Наука, 1983. 269 с.
2. Атлас Республики Бурятия / Под ред. Иметхенова А.Б. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 2000. 48 с.
3. *Афанасьева Л.В.* Влияние атмосферного промышленного загрязнения на сосновые леса бассейна реки Селенги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Улан-Удэ: БГУ, 2005. 22 с.
4. *Афанасьева Л.В., Кашин В.К., Михайлова Т.А.* Влияние промышленного загрязнения на накопление серы в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Юго-Западном Забайкалье // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 461–467.
5. Баргузинская котловина (в прошлом, настоящем и будущем) / Отв. ред. Викулов В.Е. Серия “Земля у Байкала”. Вып. 2. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1993. 157 с.
6. *Биликтужева С.Ц.* Формирование криоаридных ландшафтов Баргузинской рифтовой долины и особенности освоения ее человеком: Автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.23. Улан-Удэ: БГУ, 2007. 22 с.
7. *Визенко О.С., Власенко В.В.* Климатические особенности Баргузинской котловины // Озера Баргузинской долины. Новосибирск: Наука, 1986. С. 5–15.
8. *Дармаева Б.В.* Санитарно-экологическая оценка минеральных источников Прибайкалья по микробиологическим показателям: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16, 03.00.07. Улан-Удэ: БГУ, 2007. 22 с.
9. *Елаев Э.Н., Аненхонов О.А., Иметхенов А.Б., Доржиев Ц.З., Елаева Н.Г.* Джергинский заповедник // Заповедники России. М.: Логата, 2000. Заповедники Сибири. Т. I. С. 205–216.
10. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва–растения. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
11. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях / Под ред. Саета Ю.Е. М.: Мир, 1989. 439 с.

12. *Кашин В.К.* Цинк в объектах окружающей среды Забайкалья // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2008. № 16. С. 391–401.
13. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 300 с.
14. *Кузьмин В.А.* Почвы центральной зоны Байкальской природной территории (эколого-геохимический подход). Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2002. 166 с.
15. Лесной кодекс Российской Федерации (от 04.12.2006 № 200-ФЗ).
16. Лесохозяйственный регламент Баргузинского лесничества. МПР Республики Бурятия, 2008. www.alh-rb.ru.
17. *Ломоносов И.С., Кустов Ю.И., Пиннекер Е.В.* Минеральные воды Прибайкалья. Иркутск: Восточно-Сибирское книж. изд-во, 1977. 224 с.
18. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
19. *Михайлова Т.А., Бережная Н.С., Игнатъева О.В.* Элементный состав хвои и морфофизиологические параметры сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения. Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2006. 134 с.
20. *Моложников В.Н.* Растительные сообщества Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 271 с.
21. *Намсараев Б.Б., Хахинов В.В., Гармаев Е.Ж., Бархутова Д.Д., Намсараев З.Б., Плюснин А.М.* Водные системы Баргузинской котловины. Улан-Удэ: БГУ, 2007. 154 с.
22. ОСТ 16128-90. Пробные площади лесоустроительные. М.: Гослесхоз СССР, 1990. 8 с.
23. *Пешкова Г.А.* Степная флора Байкальской Сибири. М.: Наука, 1972. 207 с.
24. *Пройдакова О.А., Цыханский В.Д., Матвеева Л.Н., Гормашева Г.С., Халтуева В.К.* Физико-химические методы при определении макро- и микроэлементов в объектах окружающей среды // *Геохимия техногенеза: Сб. статей / Под. ред. Пиннекера Е.В.* Новосибирск: Наука, 1986. С. 124–130.
25. *Фурсова В.П., Павлова Т.С.* Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных еловых лесах. М.: Наука, 1983. 165 с.
26. *Чернявский А.К., Астахов Н.Е., Плюснин А.М.* Бальнеологические ресурсы терм северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны // *Новые технологии добычи и переработки природного сырья в условиях экологических ограничений: Матер. Всерос. науч.-техн. конф. Улан-Удэ, 2004.* С. 117–120.
27. *Bosshard W.* Kronenbilder mit nadel- und blattverbustprozenten. Birmensdorf: Herausgeber, 1986. 98 s.
28. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg; Prague: United Nations Environment Programmer and Economic Commission for Europe, 1994. 477 p.
29. www.baikaltravel.ru.

The State of Scots Pine Forests in Barguzin Hollow

T. A. Mikhailova, O. V. Kalugina

The state of pine stands in the Barguzin River (flowing into Lake Baikal) basin is assessed according to the morphological and structural parameters of tree crowns and the content of chemical elements in their needles. The studied area is characterized by a great variety of natural conditions and anthropogenic loads. The highest indices characterize the pine stands forming in the northern part of the hollow. In the southern part, the state of trees is weakened due to the well pronounced recreation impact. In the central part, the pine stands are strongly degraded because of the strong influence of a complex of anthropogenic factors.