

УДК 630*524.4:630*581

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КЕДРОВЫХ (*Pinus sibirica* Du Tour) НАСАЖДЕНИЙ В САЯНО-ШУШЕНСКОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Е. В. Быкова-Сашко

Российский центр защиты леса, Центр защиты леса Красноярского края
660036, Красноярск, Академгородок, 50а, корп. 2

E-mail: fairy_tale.88@mail.ru

Поступила в редакцию 29.06.2021 г.

Для ключевого участка «Санзу» на территории Саяно-Шушенского государственного биосферного заповедника (СШЗ, Западный Саян) впервые представлены результаты оценки текущего состояния естественных насаждений кедров сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и его возобновления под пологом материнских лесов за 1984–2015 гг. с учетом региональных природных особенностей территории. На основе результатов дистанционного зондирования Земли, картографических материалов, данных лесоустройства и лесной таксации, их статистической обработки и анализа посредством методов ГИС выявлены закономерности пространственного размещения кедровников и лиственничных лесов с участием кедра в бассейне р. Санзу (Хемчикский хребет). Приводится описание и сравнение основных таксационных характеристик кедра на ключевом участке с позиции главной и второстепенной породы в составе насаждений. Отмечено, что процесс возобновления под пологом леса по разным высотным подпоясам и типам леса протекает далеко неодинаково: довольно большая часть кедровников не имеет под пологом достаточного количества кедрового подроста и основное возобновление проходит преимущественно под пологом с преобладанием лиственницы. Однако также очевидна тенденция смены породы в подросте: кедр сменяет лиственницу (*Larix Mill.*) и расширяет границы потенциального произрастания. В целом установлено, что кедр сохраняет устойчивые позиции и даже расширил свой ареал за прошедшие 30 лет как на верхнем, так и на нижнем пределе произрастания. Это подтверждено приводимыми картографическими материалами и таблицами. Обосновывается приоритет средообразующих функций горных кедровников перед лесосырьевыми.

Ключевые слова: статистический и картографический анализ позиций кедра в горном рельефе, Западный Саян.

DOI: 10.15372/SJFS20210606

ВВЕДЕНИЕ

Кедровые леса – наиболее ценная лесная формация России, имеющая высокое природоохранное и ресурсное значение (Семечкин и др., 1985; Бех, Воробьев, 1998; Семечкин, 2002; Данченко и др., 2016), особенно горные кедровники, произрастающие на территориях заповедников и национальных парков, являющиеся эталонными экосистемами, мало затронутыми антропогенным влиянием. Устойчивое состояние этих лесов в условиях интенсивного развития промышленности, в том числе и в смежных регионах, – основа сохранения биоразнообразия в горах Сибири. В связи с этим очень важно иметь понимание процессов естественного возобнов-

ления, которые в целом определяют жизнеспособность вида (Побединский, 1962).

В данной работе представлены результаты оценки текущего состояния и естественного возобновления сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) под пологом материнских лесов в условиях отсутствия антропогенного воздействия за 1984–2015 гг. на территории Саяно-Шушенского биосферного заповедника (Западный Саян). На основе данных дистанционного зондирования Земли, материалов лесоустройства и лесной таксации и их статистической обработки выявлены некоторые закономерности процессов естественного возобновления кедра за 30 лет с учетом региональных природных особенностей территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район и объект исследования. Объектом исследования являются кедровые леса и их естественное возобновление в горном ландшафте, расположенном на территории Саяно-Шушенского биосферного государственного природного заповедника (далее СШЗ).

Заповедник находится в центральной части Западного Саяна и Алтае-Саянской горной страны, на территории Шушенского и Ермаковско-го районов Красноярского края. В него входит левобережье Енисея (от границы Красноярского края и Республики Тыва на юге до бассейна р. Голая на севере). Заповедник занимает осевую часть Саянского хребта, восточные отроги Кантегирского и северные склоны Хемчикского хребта. На его территории преобладают типичные среднегорные и высокогорные ландшафты, характерные для влажных и умеренно-влажных районов Алтае-Саянской горной области (Семечкин и др., 1985), которым соответствуют две разные географо-климатические фации горных кедровых лесов (Поликарпов, 1970; Поликарпов и др., 1986).

Леса покрывают 59.3 % площади заповедника. В 2015 г. насаждения с преобладанием хвойных пород здесь занимали 218 874 га, или 95 % покрытых лесной растительностью земель. Основными лесообразующими породами были кедр – 48.5 % (106 171 га), лиственница (*Larix Mill.*) – 47.4 % (103 827 га), сосна (*Pinus L.*) – 3.4 % (7426 га), ель (*Picea A. Dietr.*) – 0.6 % (1299 га), пихта (*Abies Mill.*) – 0.1 % (151 га).

Верхняя граница леса варьирует по высоте в связи с разнообразием климата и рельефа, а леса соответственно представлены большим разнообразием типов и их высотно-поясных комплексов (ВПК) (Смагин и др., 1980; Власенко, 1988, 1998–2000; Назимова и др., 2018) (рис. 1). Наряду с лесами большие площади высокогорий занимают другие типы растительности: горные тундры, альпийские и субальпийские луга, а в нижней части среднегорий – горные степи и петрофитные сообщества с кустарниками и скалистыми обнажениями, особенно распространенными по крутым световым склонам к Енисею и его притокам. Степные фрагменты поднимаются от подножия склонов до высоты 1200 м, включаясь в фон горно-таежных лесов, а изредка еще выше (Ермаков и др., 2012).

В южном (Хемчикском) округе по нижним частям склонов господствуют светлохвойные

леса подтаежного ВПК с доминированием лиственницы и сосны (нижнее течение рек Сарла, Керема, Шигнога), а выше – горно-таежные лиственничные леса с кедром.

С высоты 1500 м н. у. м. леса повсеместно слагаются преимущественно кедровыми насаждениями, которые разнообразны по составу типов леса. Выше, на переходе к тундрам, выделяется ВПК подгольцовых лесов и редколесий, с участием субальпийских лугов и ерников (Власенко, 1989). Он занимает значительные площади в Хемчикском округе и характеризуется самой сложной пространственной структурой как экотон между лесом и горной тундрой (1800–2200 м н. у. м.). Верхняя граница леса образована кедром с участием лиственницы. Такая структура поясности характерна не только для Хемчикского округа, но типична и для большей части гор Тувы (Смагин и др., 1980).

Ключевой участок «Санзу» расположен на северном макросклоне Хемчикского хребта. Координаты участка 51°55.645' с. ш., 91°42.614' в. д., общая площадь – 7337 га. Участок охватывает оба берега р. Санзу с абсолютными высотами от 800 до 2200 м н. у. м., возрастающими в основном направлении с севера на юг. Выбор данной территории определен тем, что с 1980 г. она используется для мониторинга растительного покрова СШЗ и поэтому имеет наиболее детальные и достоверные данные лесоустроительной информации (1 разряд лесоустройства) за разные сроки лесоинвентаризации при сохранении неизменной квартальной сети. Растительность имеет все черты, характерные для Хемчикского округа СШЗ: господство лиственничных и кедровых лесов, типологический состав их соответствует лесам умеренно-влажной континентальной климатической фации, верхняя часть высотного профиля представлена горными тундрами и фрагментами субальпийских лугов, а нижняя – горными степями и кустарниками. Резко выражена асимметрия границ поясов (Сонникова, 1984; Сонникова, Куваев, 1991).

В связи с эрозионным, сильно и глубоко расчлененным рельефом, почвы под кедровниками каменистые, маломощные и разнообразные по генетической принадлежности они, как правило, мерзлотные и длительно сезонно-мерзлотные. Преобладают горные подбуры оподзоленные и подзолы на гранитном фундаменте, а на метаморфических породах – горные дерновые оподзоленные и неоподзоленные альфегумусовые (иллювиально-железистые), тяготеющие к подгольцовым высокогорьям. В среднегорьях

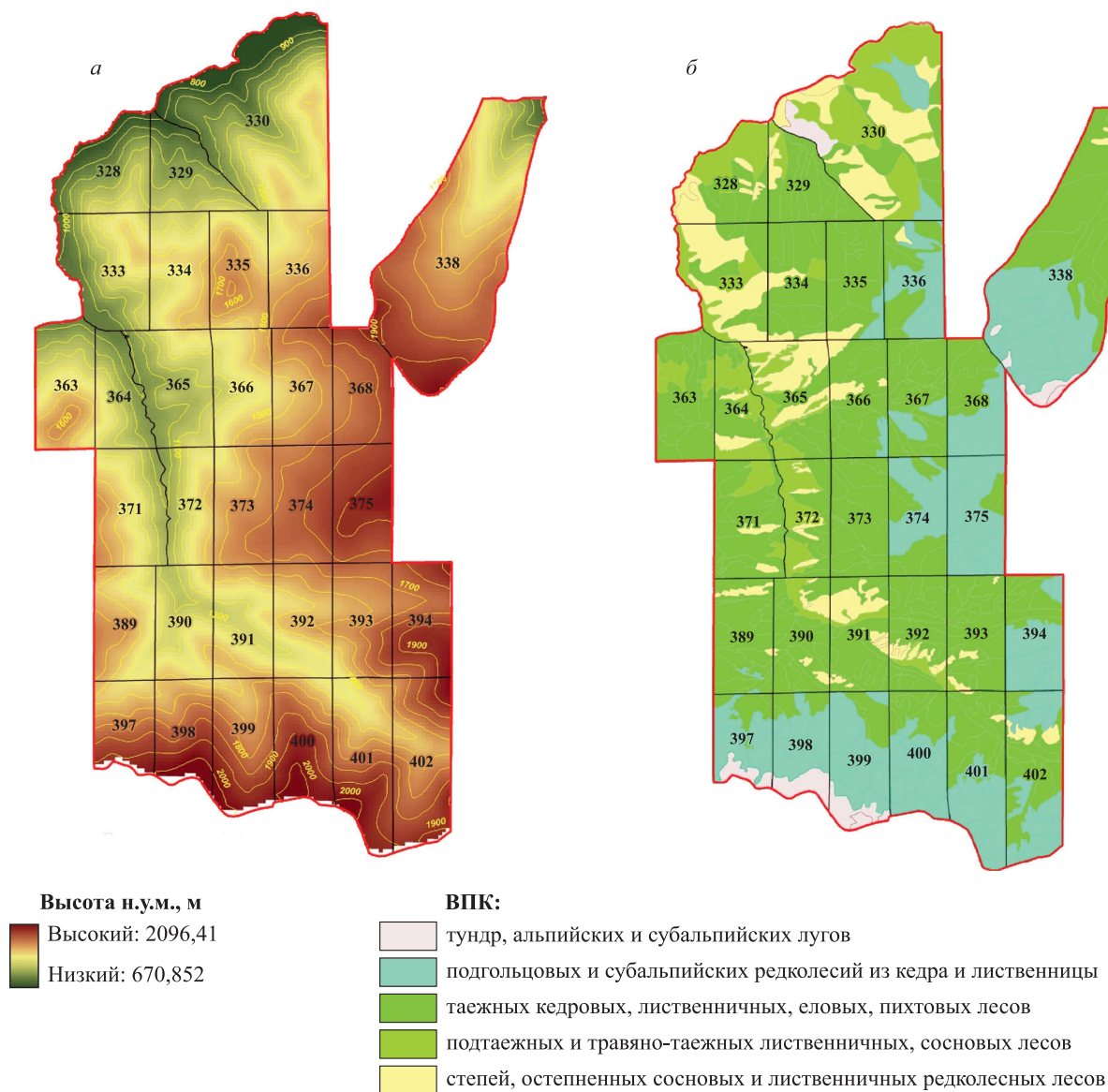


Рис. 1. Распределение высотно-поясных комплексов (ВПК) на ключевом участке (Хемчикский хр., бассейн р. Санзу) с обозначением высот над уровнем моря (а) и ВПК (б).

кроме них встречаются дерново-карбонатные почвы на основных и карбонатных породах, реже – буроземы оподзоленные, на гранитах и кислых эффузивах – подзолы, на карбонатных породах – буроземы неоподзоленные, под степными участками – черноземы разной степени выщелоченности (Самойлова, 2001). Обильны каменистые россыпи и скальные обнажения без почвенного покрова.

Кедровники имеют, как правило, послепожарное происхождение, подвержены верховым пожарам, поэтому их площади при учете не остаются постоянными (Волокитина и др., 2019). Изменение площадей кедров в данном конкретном регионе может свидетельствовать и о реакции на изменения климата (Власенко, 1996).

Оценка изменения площадей кедровников и возобновления кедров проводилась при сравнении данных наземного лесоустройства за 30 лет – с 1984 по 2015 г. По ключевому участку обработан 31 квартал (414 выделов по данным 1984 г., 489 – по 2015 г.). Для основного анализа выбирались выделы с участием кедров более 3 ед. по запасу в составе древостоя, т. е. где кедр выступает в качестве главной породы, а также выделы с участием кедров 1–3 ед. по запасу (в основном это лиственничники с кедром как субэдификатором насаждений). Статистическая обработка проводилась в программе Excel программного пакета Microsoft Office.

В качестве картографической основы использовались цифровая модель рельефа проекта

SRTM для построения карт высот и экспозиций склонов, а также векторные слои (квартальная, повыдельная сеть) на интересующие участки, данные дистанционного зондирования Земли – снимки со спутниковой системы Landsat 5, 7 (для 1984–1990 гг.) и Sentinel-2 (для 2015–2018 гг.). Камеральные работы с геоинформацией проводились в программе ArcMap пакета ArcGIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среди экологических условий, которые определяют развитие процесса естественного возобновления кедров сибирского, помимо наличия всхожих семян и благоприятных погодноклиматических условий, для их прорастания и появления всходов, а затем и развития подростов основное значение имеют такие таксационные характеристики, как тип леса, состав, возраст и полнота древостоя, характер подлеска, травянокустарничкового и мохового покрова под пологом леса (Бех и др., 1998).

Общие таксационные характеристики кедровых насаждений. Общепринятым показателем роста и продуктивности насаждений является класс бонитета, который характеризует рост и потенциально возможную для данных условий продуктивность насаждений определенной породы с учетом ее возраста и высоты. Распределение площади кедровников по классам бонитета представлено в табл. 1.

Как видно из таблицы, преобладающая часть кедровников имеет низкие и очень низкие классы бонитета в силу ограниченного почвенно-экологического потенциала местообитаний, иными словами, это ограниченные ресурсы тепла в воздухе и в почвах, длительная сезонная мерзлота, а также маломощность и каменистость почв, а нередко на осыпях – отсутствие почв или их слабое развитие. Кедр – единственный из всех древесных пород-лесообразователей – проявляет редкую способность выживать в самых суровых условиях высокогорий на каменистых субстратах, где почва практически отсутствует. Из этого следует особая ценность и значимость средозащитной и противозерозионной роли горных кедровников, несущих много других экологических функций (Данченко и др., 2016).

Возрастная структура насаждений определяется процессами возрастной и восстановительной динамики, а также лесорастительными условиями. Основная часть кедровников представлена средневозрастными (в пределах 45 %) и приспевающими насаждениями. Молодняки представлены в меньшей степени (табл. 2, 3).

Полнота древостоя в пределах лесорастительной зоны, района и типа леса влияет на количество света, тепловой и водный (гидротермический) режимы, на условия испарения, скорость разложения растительных остатков, густоту травяного и лишайниково-мохового покрова и т. п. Непосредственно ее влияние сказыва-

Таблица 1. Распределение площади кедровников по классам бонитета, га

Год	Класс бонитета								Всего
	IA	I	II	III	IV	V	VA	VB	
1984	–	–	–	7	113.5	207.6	479	355.7	1162.8
2015	–	–	–	28.8	52	708.7	628.5	152.4	1570.4

Таблица 2. Распределение площади кедровников по классам возраста, га

Год	Класс возраста								Всего
	I	II	III	IV	V	VI	VII	Нет данных	
1984	22.6	280.5	573.1	202.2	53.5	–	19	11.9	1162.8
2015	19.6	162.8	667	458	84.7	52.2	47.8	78.9	1570.4

Таблица 3. Возрастная структура кедровников, %

Год	Молодняки	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые	Перестойные
1984	26	49	17	5	2
2015	12	43	29	9	3

Таблица 4. Распределение площади кедровников по полноте древостоя, га

Год	Полнота древостоя									Всего
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	Нет данных	
1984	1.9	199.2	346.7	345.3	114.7	61	–	12.9	81.1	1162.8
2015	39.2	113.4	591.1	653.4	105.9	28.3	–	–	39.1	1570.4

вається на жизненном состоянии подроста кедра, так как теневыносливость его непостоянна, она уменьшается с возрастом (Крылов и др., 1983). Как видно из табл. 4, преобладают кедровники полнотой 0.4–0.6.

Позиция кедра в составе пород. При статистической обработке данных наземной таксации установлено, что общая лесопокрытая площадь на исследуемом участке стабильна, с некоторой тенденцией к увеличению на нижней границе за счет восстановления лиственницы, и на верхней – в отдельных местах за счет увеличения площадей лиственницы и кедра.

Повыдельный анализ структуры древостоев показал, что насаждения с преобладанием кедра занимают 22 %, с долей участия 1–2 ед. в составе – 30 %. Следует отметить, что кедр сравнительно редко создает чистые насаждения (всего 3 %), а чаще растет совместно с другими древесными породами. Выход кедра в основной полог начинается после естественного выпадения из верхнего яруса перестойной березы (*Betula* L.) и осины (*Populus tremula* L.) либо замедления роста в высоту сосны, ели, лиственницы. Такая особенность формирования кедровых насаждений – от минимального участия в составе смешанных насаждений до преобладания в них – естественная закономерность формирования кедровых лесов (Крылов и др., 1983).

Увеличение площади кедра в качестве главной породы наблюдается как в процентном соотношении с общей лесной площадью кварталов (примерно на 35 % в целом по участку), так и в

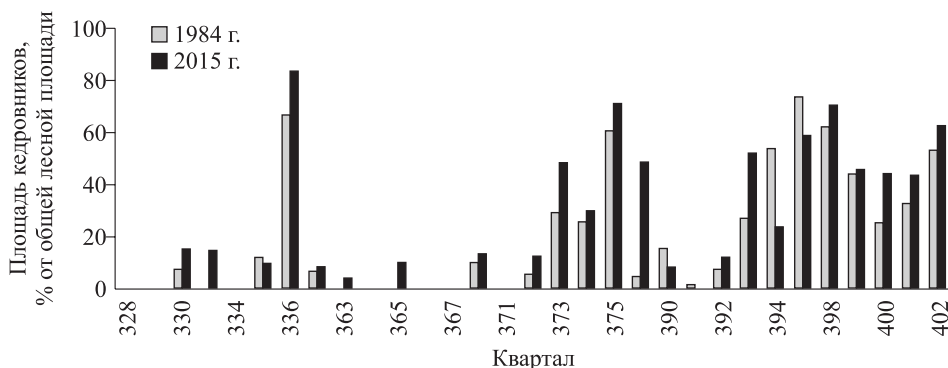
значении площадей непосредственно кедровников (рис. 2).

Это увеличение происходит в основном за счет уже имеющихся площадей кедровников и смены главной породы (лиственница на кедр) и выхода кедра из подроста. Особенно интересно отметить некоторые кварталы, где заметно появление кедра на ранее безлесных участках – тундры (400–402-й кварталы) (рис. 3). Также в кварталах 329, 333, 401, 402 по данным таксационных описаний кедр появился на прошлых гарях.

При анализе лиственнично-кедровых насаждений, где кедр занимает позицию второй главной породы (в 99 % случаев в пологе лиственницы), заметно увеличение его присутствия в составе второго яруса.

Наиболее ярко это демонстрируют выделы, входящие в состав кварталов, протянувшихся вдоль русла р. Санзу. Очевидно, что немаловажную роль здесь играет фактор дополнительного увлажнения почв (кварталы 363, 371, 390–392, 400–401).

Распределение площадей кедровников по типам леса. Важной характеристикой, влияющей на жизненное состояние и динамику возобновления древостоя, считается тип леса. В кедровниках среднего и более старого возраста его определение, как правило, совпадает с типом условий местопроизрастания (ТУМ). Многими исследователями признается, что распределение различных типов лесорастительных условий или ТУМов в горах напрямую зависит от пока-

**Рис. 2.** Динамика общей площади кедровников на ключевом участке поквартально.

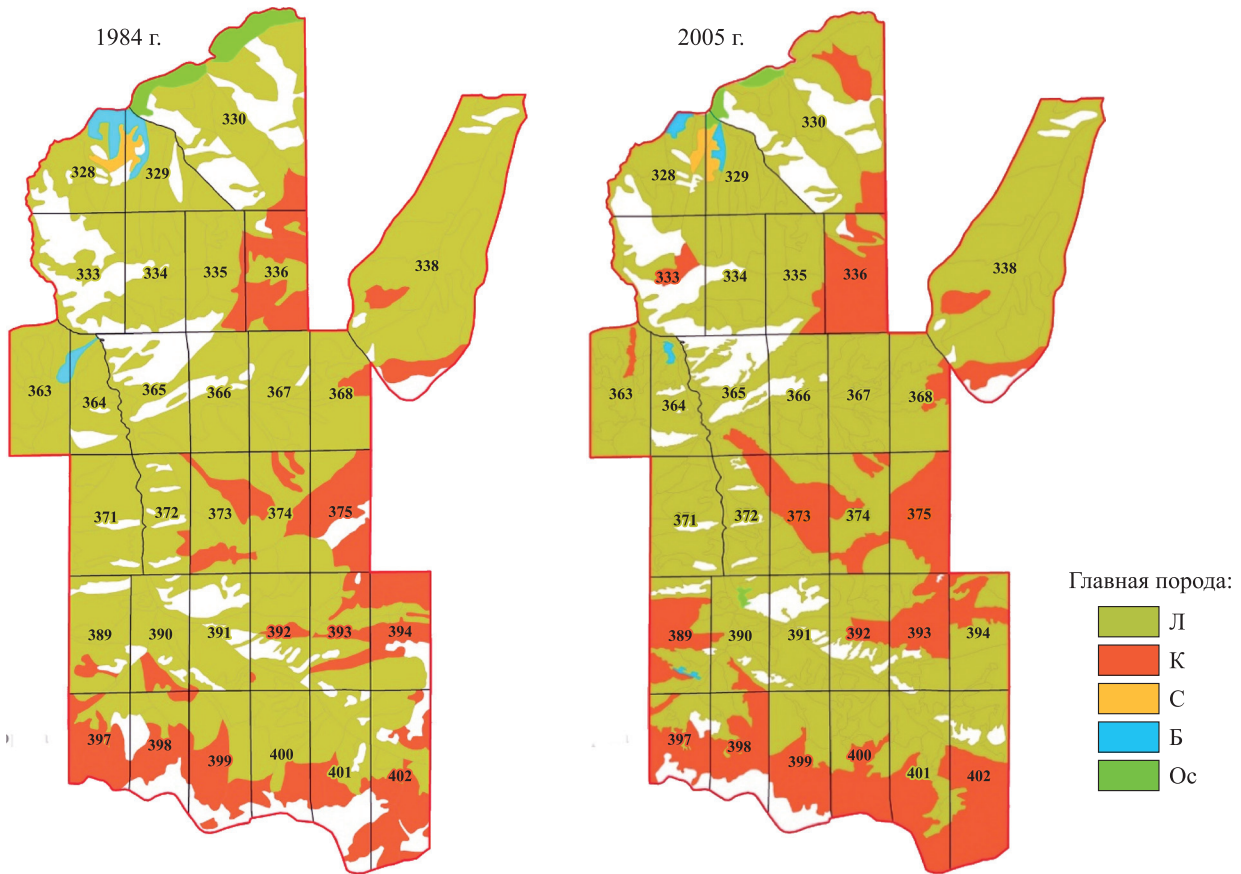


Рис. 3. Карта-схема распределения кедровников на ключевом участке в разные годы.
 Л – лиственница, К – кедр сибирский, С – сосна, Б – береза, Ос – осина.

зателей рельефа, таких как высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов (Фарбер, 2000; Коновалова, 2013; Фарбер, Максютков, 2018). Рельеф является важным косвенно действующим фактором, однако его влияние на растительность не исчерпывается тремя перечисленными параметрами, которые чаще других принимаются за главные. Важнее форма склона (вогнутая или выпуклая), часть склона (верхняя, средняя, нижняя), характер увлажнения и богатства почв, их механический состав, каменистость и т. д. В итоге на практике более информативным оказывается не «местоположение» в рельефе, а «тип леса», определяемый в ходе наземного лесоустройства по нижним ярусам, обладающим (хотя и не всегда) высокой индикаторной способностью. При высоких разрезах лесоустройства и квалификации таксатора есть вероятность того, что «тип леса» может быть информативен в отношении продуктивности, состава и особенностей возобновления. Для кедровников СШЗ предложена довольно сложная типология, насчитывающая в 1984 г. более 30 типов леса, и примерно такая же, с

уменьшенным количеством типов леса, в 2015 г. В данном исследовании пришлось еще больше генерализовать схему, объединив экологически близкие «типы леса» (рис. 4).

В таком виде более очевидны различия между условиями местопроизрастания кедровников, но и этот путь имеет неизбежные издержки из-за контрастности и неоднородности самих выделов (Коновалова, 2013).

Сравнительный анализ показал, что типологический спектр кедровников на ключевом участке за разные сроки инвентаризации сопоставим, несмотря на разницу в 30 лет. Наиболее типичным местообитанием кедра является ерничково-моховый тип леса (18 и 26 % для 1984 и 2015 гг. соответственно). Кедровник ерничково-моховой произрастает преимущественно на пологих северных, северо-восточных и северо-западных склонах гор на сырых почвах. Состав насаждений с 4–8 ед. кедра, высота яруса колеблется от 6 до 19 м, полнота древостоя 0.4–0.6, класс бонитета V–VA. Возрастной ряд от 70 до 230 лет. В редких зарослях ерника подрост кедра встречается в количестве не более 0.5–1 тыс. шт. на 1 га.

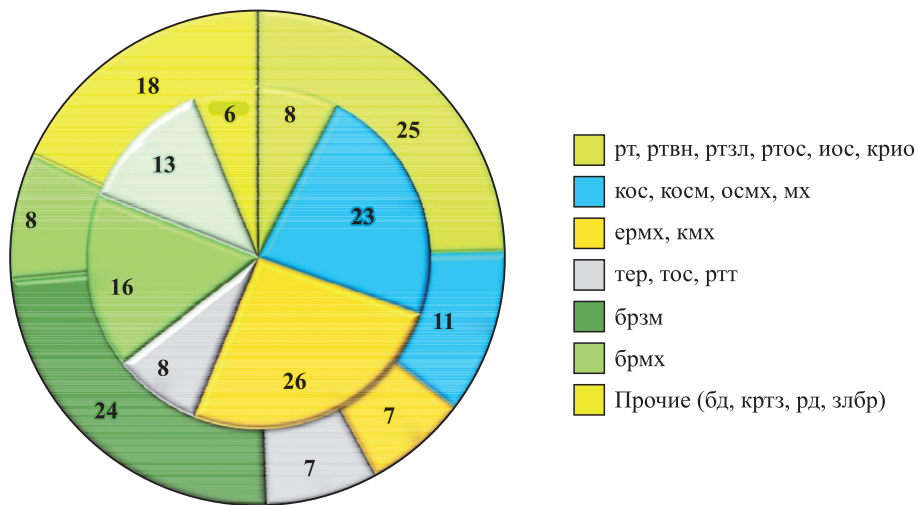


Рис. 4. Распределение площади участка по укрупненным группам типов леса по данным 2015 г., %.

Внешняя диаграмма – вся лесная площадь, внутренняя – доля площади кедровников; рт – разнотравный, ртвн – разнотравно-вейниковый, ртзл – разнотравно-злаковый, ртос – разнотравно-осоковый, иос – ирисово-осоковый, крио – кустарниково-ирисово-осоковый, кос – кустарниково-осоковый, косм – кустарниково-осоково-моховой, осмх – осоково-моховой, мх – моховой, ермх – ерниково-моховой, кмх – кустарниково-моховой, тер – типчаково-ерниковый, тос – типчаково-осоковый, ртт – разнотравно-типчаковый, брзм – бруснично-зеленомошный, брмх – бруснично-моховой, бд – бадановый, кртз – кустарниково-разнотравно-злаковый, рд – рододендроновый.

Также заметную долю участка сохраняют осоково-моховые кедровники, которые представлены на градиенте высот 1000–1800 м н. у. м. в основном на западных и северо-западных склонах средней крутизны (до 30°). В составе пород кедр представлен 4–5 ед. в паре с лиственницей, полнота в пределах 0.5–0.7, бонитет колеблется от III до VA класса. В типах леса этой группы, формирующихся на влажных и сырых средне-суглинистых почвах, подрост кедр более обильен, чем подрост лиственницы – до 3 тыс. шт./га кедрового подроста и до 1.5 тыс. шт./га лиственничного.

Бруснично-зеленомошный тип леса отмечен на всем градиенте высот от 1000 до 2000 м н. у. м. На его долю выпадает 16 % всех кедровников по данным лесоустройства 2015 г. Кедровник бруснично-зеленомошный произрастает на склонах средней крутизны всех экспозиций. В основном это среднеполнотные (0.5–0.8) и низкобонитетные (IV–V) насаждения в возрасте от 60 до 180 лет. В составе присутствуют лиственница, ель и береза. Высота деревьев колеблется в пределах 10–22 м, диаметр 12–32 см, запас 60–240 м³/га. Возобновление кедр характерно примерно для 50 % кедровников этой группы, количество кедрового подроста колеблется от 0.5 до 4 тыс. шт./га, что обычно гарантирует возобновление кедр.

Прочие типы леса представлены меньшими площадями и имеют несогласованность в пространстве по данным разных лет: не исключено, что здесь имеет место ошибка таксации (вероятнее 1984 г.). Это не дает возможности анализировать данные по типологической принадлежности выделов корректно и достоверно.

По данным 1984 г., кедр имеет очень широкий диапазон распространения по высоте: 1000–2000 м н. у. м. – 94 % всех насаждений с преобладанием кедр. Свежие данные таксации 2015 г. показывают заметное увеличение площади кедровников в пределах высот от 1200 до 2000 м н. у. м. – в среднем на 30 % (рис. 5).

От экспозиции склона зависит уровень радиации, количество снежного покрова и скорость ветра. Приход тепла на южные и северные склоны сильно различается в результате разного угла падения солнечных лучей, что отражается на различиях в нагревании почвы и распределении температуры воздуха. На рис. 6 представлено распространение кедровых насаждений в зависимости от экспозиций склонов. Основная часть всех кедровников приходится на наиболее холодные и сырые теневые склоны (север, северо-запад, северо-восток).

Отчасти здесь прослеживается прямая зависимость общего преобладания теневых склонов над другими направлениями на исследуемой

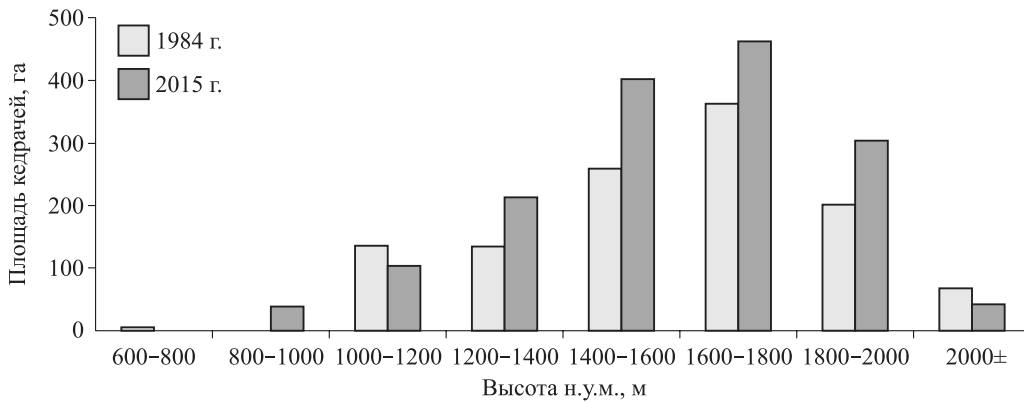


Рис. 5. Распределение площадей кедровых насаждений на ключевом участке в зависимости от высоты над уровнем моря, га.

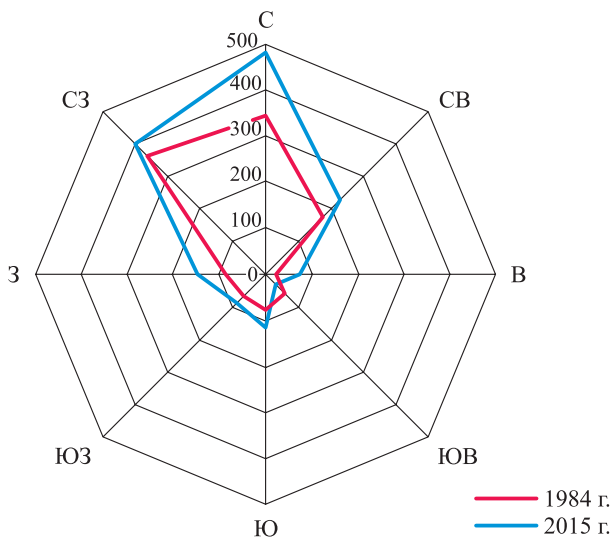


Рис. 6. Распределение площадей кедровников на ключевом участке по экспозициям склонов, га.

территории – 57 %, которая довольно пропорционально сохраняется во времени в связи с процессом увеличения всей площади кедровников, как нами отмечено ранее. Это может свидетельствовать об общем улучшении условий для произрастания кедра и распространения его на нейтральные склоны. Отметим, что значения экспозиций, представленные в данных наземной таксации, были дополнительно проверены по модели рельефа SRTM.

Анализ подроста кедра. Численность, встречаемость, состав и возрастная структура подроста зависят в первую очередь от состава материнского древостоя, его относительной полноты и типа леса. Данные лесоинвентаризации отвечают не на все из этих вопросов, тем не менее, также представили интерес для сравнительного анализа.

Если в случае с главной породой кедр ведет себя не всегда однозначно, то в составе подроста

он занимает уверенную лидерскую позицию. Особенно выделяются кварталы 363–364, 371, 373, 390, 391, 394, 400–402, где отмечается явная смена породы в подросте: лиственница по численности уступает кедру. Это происходит за счет увеличения возраста лиственницы в подросте и выхода ее в основной ярус, о чем свидетельствуют указанные ранее данные по составу главных пород, но мелкого подроста нет. Вероятно, сказывается отсутствие даже беглых пожаров на данном ключевом участке, хотя в 1984 г. еще сохранялись последствия пожаров на части кварталов в бассейне р. Санзу. Это подтверждают и названия типов леса, даваемых в 1984 г. в ходе наземной таксации по травяному покрову. В 2015 г. сократилось число выделов с вейниково-разнотравным покровом, а кедр вырос и вошел во второй ярус лиственничных насаждений с кедром.

Изучение процесса естественного возобновления кедра под пологом показало, что не все кедровники обеспечены своим подростом. Интересно отметить отсутствие закономерного роста количества подроста кедра в тех кварталах, где наблюдается увеличение кедра в составе главных пород и наоборот. Однако практически все контактирующие с кедровниками или плодоносящими деревьями кедра развивающиеся лиственные и светлохвойные древостои имеют под своим пологом подрост кедра, а его количество и качество в них уже определяется лесорастительными условиями, составом, полнотой и возрастом насаждений, сомкнутостью подлеска и прочими факторами. Эти насаждения можно отнести в категорию потенциальных кедровников (Бех, Воробьев, 1998).

На рис. 7 представлены диаграммы распространения подроста кедра в зависимости от главной породы.

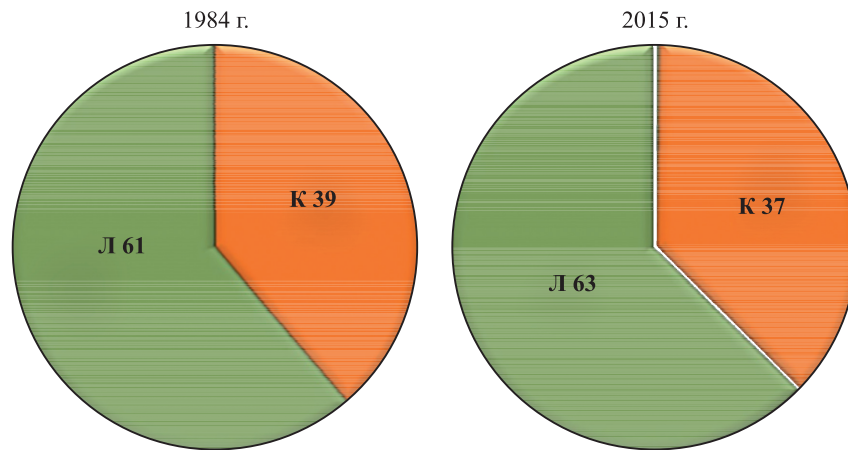


Рис. 7. Распределение подроста кедра (К) в зависимости от преобладающей лиственницы (Л), %.

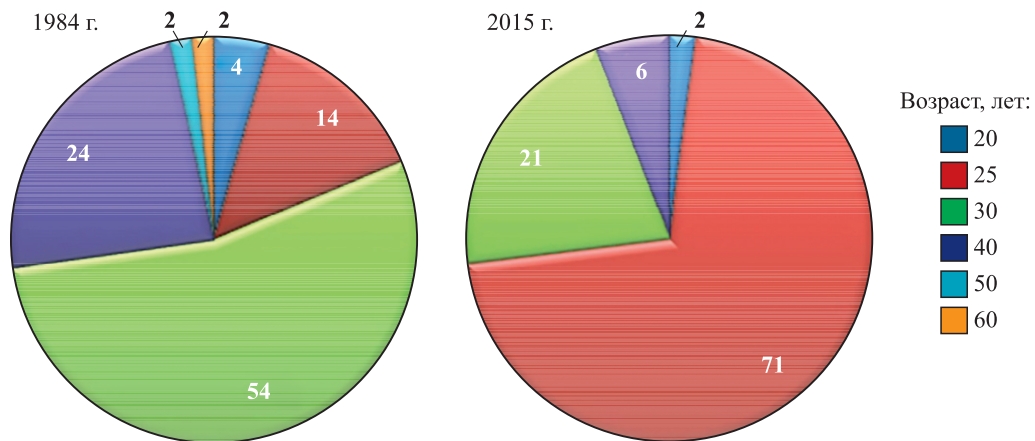


Рис. 8. Распределение возрастной структуры подроста кедра на ключевом участке, %.

На рис. 7 хорошо видно, что возобновление кедра проходит преимущественно под пологом с преобладанием лиственницы (61 и 63 % для 1984 и 2015 гг. соответственно). В насаждениях с преобладанием лиственницы экземпляры кедрового подроста распределены неравномерно, что может объясняться влиянием низового беглого пожара, уничтожающего кедровый подрост, либо наличием подходящего субстрата (мох, валеж), который предпочитает кедровка – главный сеятель семян кедрового подроста под пологом лиственницы даже далеко от семенных деревьев кедрового подроста. Густота подроста в среднем составляет 1–1.5 тыс. шт./га.

Доля кедровых насаждений с наличием подроста составляет всего 46 %. Основная часть экземпляров подроста кедрового подроста имеет возраст в диапазоне 30–40 лет для 1984 г. и 20–30 – для 2015 г., который более или менее равномерно распределён по площади под пологом леса. Средняя высота подроста по участку – 2.5–3 м для обоих периодов наблюдения.

Возрастная структура подроста представлена на рис. 8.

Также имеется определенная связь между успешностью возобновления кедрового подроста и возрастом материнских древостоев. Значительное количество кедрового подроста наблюдается в древостоях 100–120-летнего возраста, а наибольшее – в 180–200-летних.

Как и в случае с главной породой, наиболее хорошо молодняк кедрового подроста представлен в бруснично-зеленомошных, бруснично-моховых, ерничково-моховых и осоково-моховых типах леса (1–4 тыс./га).

В значительно меньшем количестве (0.5–2 тыс./га) встречается он в крупнотравно-зеленомошном, кустарниково-осоково-моховом типе леса.

В кедровнике разнотравно-вейниковом и разнотравно-осочковом состав возобновления под пологом примерно одинаков, но протекает оно в разнотравно-вейниковом типе леса более интен-

сивно: при идентичном возрасте подроста (20–30 лет) здесь высота жизнеспособного подроста 1–3 м против 1 м. Очевидно, это связано с более благоприятными условиями увлажнения по вогнутым склонам мезорельефа. Здесь ему нет конкурентов. Типы кедровников с мезофильно-разнотравным покровом (злаково-брусничный, осочково-разнотравный) часто не обеспечены подростом, либо он малочислен (до 1 тыс./га) и в основном мелкой высотно-возрастной категории. В типах леса рододендроновой и бадановой групп на каменистых почвах кедровый подрост тоже немногочислен, но встречается в разных возрастных категориях, демонстрируя устойчивость кедра как основного лесообразователя в данных типах лесорастительных условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный сравнительный анализ детальных материалов лесоинвентаризации 1984 и 2015 гг. представляет интерес для последующего мониторинга состояния и динамики кедровников в южном округе СШЗ и дает основание для ряда выводов.

Как показали результаты, процесс естественного возобновления под пологом леса по разным высотным подпоясам и типам леса протекает далеко не одинаково. В целом можно констатировать, что за 30 лет на исследуемом участке кедр не уступил своих позиций в роли эдификатора и субэдификатора в горной тайге и редколесьях, хотя лиственница остается его устойчивым конкурентом и содоминантом в этих условиях.

Установлено, что на высотах 1600–2000 м н. у. м. возросла площадь лиственничников с кедром-создификатором, а выше, вплоть до 2300 м н. у. м., кедр явно преобладает над лиственницей. Господствующие абсолютные высоты распространения кедровников – 1200–1800 м н. у. м. Выше массивы подгольцовых кедровников и редколесий с участием лиственницы образуют совместно с ерниками и безлесными пространствами экотон лес – тундра в интервале 1800–2300 м н. у. м. Основная часть всех кедровников приходится на теневые наиболее холодные и сырые склоны (север, северо-запад, северо-восток), при этом связь с экспозицией в высокогорьях не так резко выражена, как в среднегорьях.

Приведенные материалы свидетельствует о том, что довольно большая часть кедровников

не имеет под пологом достаточного количества кедрового подроста. Доля кедровых насаждений с наличием подроста на участке «Санзу» составляет всего 46 %, удовлетворительное возобновление имеют только 35 %, однако здесь очевидна тенденция смены породы в подросте: кедр сменяет лиственницу и расширяет границы потенциального произрастания. На нижнем пределе, под пологом лиственницы, это происходит за счет увеличения возраста лиственницы в подросте и выхода ее в основной ярус древостоя при отсутствии новых поступлений ее семян и всходов. На верхней границе четко фиксируются новые группы выделов подгольцовых кедровников с сомкнутостью 0.4–0.7 частично на месте бывших редколесий.

Одним из результатов является установление тесной связи успешности возобновления с типом леса и в первую очередь со степенью развития мохового покрова и травянистой растительности. Снижение проективного покрытия трав и увеличение в напочвенном покрове зеленых мхов способствует возобновлению кедра. На анализируемом участке представителями таких серий типов леса являются бруснично-зеленомошный, бруснично-моховой, ерничково-моховой и осоково-моховой типы леса с преобладанием зеленых мхов, где кедр имеет наиболее благоприятные условия прорастания и дальнейшего развития.

Повыдельный анализ состава и структуры древостоев, относимых при таксации к кедровникам, показал, что насаждения с преобладанием кедра (10–6 ед. по запасу) занимают всего около 22 %. В основном это низкобонитетные (IV–VA) среднеполнотные (0.4–0.7) древостои, играющие в большей степени ландшафтостабилизирующую роль и требующие к себе бережного отношения. Особенно это актуально в современную эпоху с учетом рисков для выживания горных бореальных лесов на границах их ареала (Nazimova et al., 2018).

Автор выражает благодарность доктору биологических наук Д. И. Назимовой за полезные советы, комментарии и замечания, способствовавшие существенному улучшению статьи, а также сотрудникам Саяно-Шушенского государственного заповедника С. В. Истомову и Т. Л. Сашко, за содействие в получении исходных данных и консультации в процессе написания работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
(REFERENCES)

- Бех И. А., Воробьев В. Н. Потенциальные кедровники // Проблема кедра. Вып. 6. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 123 с. [Bekh I. A., Vorob'ev V. N. Potentsial'nye kedrovniki (Potential Siberian stone pine forests) // Problema kedra (Problem of the Siberian stone pine). Novosibirsk: Izd-vo SO RAN (Sib. Br. Rus. Acad. Sci. Publ.), 1998. Iss. 6. 123 p. (in Russian)].
- Власенко В. И. Индикация высотно-растительных поясов в Саяно-Шушенском биосферном заповеднике // Экологические проблемы Саянского ТПК. Абакан, 1988. С. 78-81 [Vlasenko V. I. Indikatsiya vyсотno-rastitel'nykh pojasov v Sayano-Shushenskom biosfernom zapovednike (Indication of altitudinal-vegetation belts in Sayano-Shushensky biosphere nature reserve) // Ekologicheskie problemy Sayanskogo TPK (Environmental problems of Sayansky territorial industrial complex). Abakan, 1988. P. 78-81 (in Russian)].
- Власенко В. И. Закономерности распределения растительного покрова Саяно-Шушенского биосферного заповедника // Геогр. и природ. ресурсы. 1989. № 1. С. 40-45 [Vlasenko V. I. Zakonomernosti raspredeleniya rastitel'nogo pokrova Sayano-Shushenskogo biosferного zapovednika (Regularities of the distribution of the vegetation cover of the Sayano-Shushensky biosphere reserve) // Geogr. i prirod. resursy (Geogr. Nat. Res.). 1989. N. 1. P. 40-45 (in Russian with English abstract)].
- Власенко В. И. Состояние лесов Саяно-Шушенского биосферного заповедника // Лесоведение. 1996. № 4. С. 51-61 [Vlasenko V. I. Sostoyanie lesov Sayano-Shushenskogo biosferного zapovednika (State of the forests of Sayano-Shushensky biosphere reserve) // Lesovedenie (For. Sci.). 1996. N. 4. P. 51-61 (in Russian with English abstract)].
- Власенко В. И. Картографирование динамики растительного покрова Саяно-Шушенского заповедника // Геоботан. картограф. СПб, 1998-2000. С. 32-49 [Vlasenko V. I. Kartografirovaniye dinamiki rastitel'nogo pokrova Sayano-Shushenskogo zapovednika (Mapping the dynamics of the vegetation cover of Sayano-Shushensky nature reserve) // Geobotan. kartograf. (Geobot. mapping). St. Petersburg, 1998-2000. P. 32-49 (in Russian)].
- Волокитина А. В., Назимова Д. И., Софронова Т. М., Корец М. А. Совершенствование оценки пожарной опасности и прогноза поведения пожаров растительности на ООПТ // Материалы конф. «Итоги и перспективы геоботанических исследований в Сибири». Новосибирск, 2019. С. 21-22 [Volokitina A. V., Nazimova D. I., Sofronova T. M., Korets M. A. Sovershenstvovanie otsenki pozharoy opasnosti i prognoza povedeniya pozharov rastitel'nosti na OOPT (Improving the assessment of fire hazard and forecasting the behavior of vegetation fires in protected areas) // Materialy konf. «Itogi i perspektivy' geobotanicheskikh issledovaniy v Sibiri» (Proc. conf. «Results and prospects of geobotanical studies in Siberia»). Novosibirsk, 2019. P. 21-22 (in Russian)].
- Данченко А. М., Данченко М. А., Мясников А. Г., Бех И. А. Кедр России. Томск: Изд. дом Том. гос. ун-та, 2016. 300 с. [Danchenko A. M., Danchenko M. A., Myasnikov A. G., Bekh I. A. Kedry Rossii (Siberian stone pines of Russia). Tomsk: Izd. dom Tomsk gos. un-ta (Tomsk St. Univ. Publ. House), 2016. 300 p. (in Russian)].
- Ермаков Н. Б., Полякова М. А., Черникова Т. С. Картографирование лесной растительности в горах Алтае-Саянской горной области // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер. «Биол., клин. мед.». 2012. Т. 10. № 2. С. 24-30 [Ermakov N. B., Polyakova M. A., Chernikova T. S. Kartografirovaniye lesnoy rastitel'nosti v gorakh Altae-Sayanskoй gornoy oblasti (Geobotanical mapping of forest in the Altai-Sayanian mountain region) // Vestn. Novosib. gos. un-ta. Ser.: Biol., klin. med. (Bul. Novosibirsk St. Univ. Ser.: Biol. Clinical Med.). 2012. V. 10. N. 2. P. 24-30 (in Russian with English abstract)].
- Коновалова М. Е. Возрастная динамика горнотаежных кедровников Восточного Саяна // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31. № 5-6. С. 38-46 [Konovalova M. E. Vozrastnaya dinamika gornotaezhnykh kedrovnikov Vostochnogo Sayana (Age dynamics of mountain taiga Siberian stone pine forests of the Eastern Sayan) // Khvoynye borealnoy zony (Coniferous of the boreal zone). 2013. V. 31. N. 5-6. P. 38-46 (in Russian with English abstract)].
- Крылов Г. В., Таланцев Н. К., Козакова Н. Ф. Кедр. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 216 с. [Krylov G. V., Talantsev N. K., Kozakova N. F. Kedr (Siberian stone pine). Moscow: Lesn. prom-st (Timber Industry), 1983. 216 p. (in Russian)].
- Назимова Д. И., Пономарев Е. И., Коновалова М. Е. Разработка эколого-географической основы для многоцелевого лесопользования (на примере горных районов юга Сибири) // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: Материалы XIII Международ. ландшафтной конф., посвящ. столетию со дня рожд. Ф. Н. Милькова, Воронеж, 14-17 мая, 2018 г.: в 2 т. Воронеж: Истоки, 2018. Т. 2. С. 98-100 [Nazimova D. I., Ponomarev E. I., Konovalova M. E. Razrabotka ekologo-geograficheskoy osnovy dlya mnogotsелеvogo lesopol'zovaniya (na primere gornyx rayonov yuga Sibiri) (Development of an ecological-geographical basis for multipurpose forest use (on the example of mountainous regions of southern Siberia) // Sovremennoe landshaftno-ekologicheskoe sostoyanie i problemy optimizatsii prirodnoy sredy regionov: Materialy XIII Mezhdunar. landshaftnoy konf., posvyashch. stoletiyu со dnya rozhd. F. N. Milkova (Current landscape-ecological state and problems of optimization of the natural environment of the regions: Proc. XIII Int. landscape conf., dedicated to the 100th anniversary of the birth of F. N. Milkov), Voronezh, 14-17 May, 2018: in 2 vol. Voronezh: Istoki, 2018. V. 2. P. 98-100 (in Russian with English title, summary and abstracts)].
- Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов (Метод. указания). Красноярск: Кн. изд-во, 1962. 63 с. [Pobedinskiy A. V. Izucheniye lesovosstanovitel'nykh protsessov (Metod. ukazaniya) (Study of forest restoration processes: (Method. Instructions)). Krasnoyarsk: Kn. izd-vo (Book Publ.), 1962. 63 p. (in Russian)].
- Поликарпов Н. П. Комплексные исследования в горных лесах Западного Саяна // Вопросы лесоведения. Красноярск, 1970. С. 26-79 [Polikarpov N. P. Kompleksnyye issledovaniya v gornyx lesakh Zapadnogo Sayana (Complex studies in mountain forests of the Western Sayan) // Voprosy lesovedeniya (Questions of forest science). Krasnoyarsk, 1970. P. 26-79 (in Russian)].

- Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М., Назимова Д. И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 225 с. [Polikarpov N. P., Chebakova N. M., Nazimova D. I. Klimat i gornye lesa Yuzhnoy Sibiri (Climate and mountain forests of Southern Siberia). Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie (Sci., Sib. Br.), 1986. 225 p. (in Russian)].
- Самойлова Г. С. Ландшафтная карта Алтае-Саянского экорегиона. М-б 1 : 2 000 000. М: ИГЕМ РАН, 2001 [Samoylova G. S. Landshaftnaya karta Altae-Sayanskogo ekoregiona (landscape map of Altai-Sayan ecoregion). Scale 1 : 2 000 000. Moscow: IGEM RAN, 2001 (in Russian)].
- Семечкин И. В. Структура и динамика кедровников Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 253 с. [Semechkin I. V. Struktura i dinamika kedrovnikov Sibiri (Structure and dynamics of the Siberian stone pine forests). Novosibirsk: Izd-vo SO RAN (Sib. Br., Rus. Acad. Sci. Publ.), 2002. 253 p. (in Russian with English title, summary and contents)].
- Семечкин И. В., Поликарпов Н. П., Ирошников А. И. Кедровые леса Сибири / Отв. ред. А. С. Исаев. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. 225 с. [Semechkin I. V., Polikarpov N. P., Iroshnikov A. I. Kedrovye lesa Sibiri (The Siberian stone pine forests of Siberia) / Otv. red. A. S. Isaev. (Resp. Ed. A. S. Isaev). Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie (Sci., Sib. Br.), 1985. 225 p. (in Russian)].
- Смагин В. Н., Ильинская С. А., Назимова Д. И., Новосельцева И. Ф., Чередникова Ю. С. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. 336 с. [Smagin V. N., Il'inskaya S. A., Nazimova D. I., Novosel'tseva I. F., Cherednikova Yu. S. Tipy lesov gor Yuzhnoy Sibiri (Types of forests of the mountains of Southern Siberia). Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie (Sci., Sib. Br.), 1980. 336 p. (in Russian)].
- Сонникова А. Е. Растительность Саяно-Шушенского заповедника // Ботанические исследования в заповедниках РСФСР. М., 1984. С. 85–93 [Sonnikova A. E. Rastitelnost Sayano-Shushenskogo zapovednika (Vegetation of Sayano-Shushenskiy nature reserve) // Botanicheskie issledovaniya v zapovednikakh RSFSR (Bot. studies in nature reserves of the Rus. Sov. Fed. Soc. Rep.). Moscow, 1984. P. 85–93 (in Russian)].
- Сонникова А. Е., Куваев В. Б. Дополнения к флоре Западного Саяна // Бот. журн. 1991. Т. 76. № 3. С. 450–458 [Sonnikova A. E., Kuvayev V. B. Dopolneniya k flore Zapadnogo Sayana (Updates for the flora of Western Sayan) // Bot. zhurn. (Bot. J.). 1991. V. 76. N. 3. P. 450–458 (in Russian with English abstract)].
- Фарбер С. К. Формирование древостоев Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 432 с. [Farber S. K. Formirovanie drevostoev Vostochnoy Sibiri (Formation of tree stands on the Eastern Siberia). Novosibirsk: Izd-vo SO RAN (Sib. Br., Rus. Acad. Sci. Publ.), 2000. 432 p. (in Russian)].
- Фарбер С. К., Максюттов Ш. Ш. Картографирование типов леса по приуроченности к рельефу местности // Сиб. лесн. журн. 2018. № 2. С. 38–47 [Farber S. K., Maksyutov Sh. Sh. Kartografirovaniye tipov lesa po priurochennosti k rel'efu mestnosti (Mapping of forest types confined to the lay of land) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 2. P. 38–47 (in Russian with English abstract)].
- Nazimova D. I., Danilina D. M., Konovalova M. E., Mukhortova L. V. *Pinus sibirica* and *Abies sibirica* forest ecosystems on the south border of boreal zone: risks for survival and means to manage the productive stands // Cool forests at risk? The Critical Role of Boreal and Mountain Ecosystems for People, Bioeconomy, and Climate. IBFRA18 Conf., IIASA, Laxenburg, Austria, 17–20 Sept., 2018. Book of abstracts, 2018. P. 116.

CURRENT STATE OF THE SIBERIAN STONE PINE (*Pinus sibirica* Du Tour) STANDS IN SAYANO-SHUSHENSKY BIOSPHERE RESERVE

E. V. Bykova-Sashko

*Russian Centre for Forest Protection, Centre for Forest Protection of Krasnoyarsk Krai
Akademgorodok, 50a, 2, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

E-mail: fairy_tale.88@mail.ru

For the key part of the territory of the Sayano-Shushensky Biosphere Reserve, located in the West Sayan mountains, the results of assessing the current state of natural stands of the Siberian stone pine *Pinus sibirica* Du Tour and its renewal under the canopy of the mother forests for the period from 1984 to 2015 are presented. Based on remote sensing data, cartographic materials of forest inventory and forest planning, their statistical processing and geoinformation analysis, the regularities of the spatial placement of the Siberian stone pine forests and the Siberian larch *Larix sibirica* forests with a mixture of the Siberian stone pine were revealed in the basin of the Sanzu River (Khemchik mountain ridge). The description and comparison of the main forest inventory characteristics of the Siberian stone pine from the position of the main and secondary species in the composition of the stands is given. It is noted that the process of regeneration under the forest canopy for different high-altitude belts and types of forest does not proceed in the same way. However, the trend of changing the breed in the forest is also obvious: cedar replaces larch and expands the boundaries of potential growth. It is established that the Siberian stone pine retains a stable position and has even expanded the area of domination over the past 30 years both at the upper and lower limits of growth. This is confirmed by the cartographic materials and tables provided. The priority of the environmental-forming functions of mountain the Siberian stone pine forests over forest-raw is justified.

Keywords: *statistical and cartographic analysis of the Siberian stone pine positions in the mountain relief, Western Sayan.*

How to cite: *Bykova-Sashko E. V. Current State of the Siberian Stone Pine (*Pinus sibirica* Du Tour) Stands in Sayano-Shushensky Biosphere Reserve // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. F. Sci.). 2021. N. 6. P. 59–71 (in Russian with English abstract and references).*