

УДК 630*230:582.475(235.222)
doi: 10.17223/19988591/17/11

Е.Н. Пац¹, Н.А. Чернова^{1,2}, С.Н. Скороходов¹

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск)

²Биологический институт Томского государственного университета (г. Томск)

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ КЕДРА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЛЕСНОГО ПОЯСА НА СЕМИНСКОМ ХРЕБТЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)

Рассмотрены особенности популяционной структуры и состояние кедрового подроста в верхней части лесного пояса на склонах северо-восточной экспозиции Семинского хребта (Центральный Алтай). Показано влияние напочвенного покрова на формирование субценопопуляций кедрового подростка и проведена оценка экологических условий (увлажнение и трофность) местообитаний. В зависимости от степени антропогенной нарушенности изученных сообществ выявлены значительные изменения жизненности подростка на различных стадиях онтогенеза. Установлено, что естественное возобновление кедрового подростка в основном является неудовлетворительным из-за полного отсутствия виргинильных особей. Слабая жизненность подростка кедрового подростка или его гибель в верхней части лесного пояса, обусловленная сильным антропогенным влиянием, может привести к отодвиганию верхней границы леса вниз на 100–200 м по абсолютной высоте.

Ключевые слова: подрост; кедр сибирский; жизненность; экологические шкалы.

Введение

Кедровая формация в современных климатических условиях очень устойчива в границах своего ареала [1, 2], однако на границе лесного и высокогорного поясов, кроме экстремальных для древесных пород условий произрастания, на существование и возобновление лесных сообществ значительное влияние оказывают антропогенные факторы.

К настоящему времени во многих районах Центрального Алтая с высоким антропогенным прессом произошла трансформация растительного покрова. Хозяйственная деятельность человека привела к изменению в той или иной степени фитоценотической структуры и видового состава ряда растительных сообществ и, как следствие, к деградации части естественных фитоценозов и замене их на варианты с высокой пастбищной дигрессией. Бессистемность и зачастую неконтролируемость воздействия человека на растительный компонент горных ландшафтов, и особенно интенсивный неконтролируемый выпас, привели к антропогенной трансформации не только луговые субальпийские и альпийские высокогорные сообщества, но и смежные с ними кедровые леса верхней части лесного пояса.

На территории Центрального Алтая верхняя граница леса проходит на высоте 2 100–2 400 м. над ур. м. и в основном сформирована кедром сибир-

ским, поэтому оценить успешность возобновления различных лесных фитоценозов в этой экотонной полосе можно по состоянию кедрового подростка. До настоящего времени в немногочисленных работах, затрагивающих естественное возобновление кедрового подроста сибирского в низко- и среднегорном лесном поясе Алтая, благонадежность возобновления оценивалась лишь по числу особей подроста под материнским пологом [3–5].

Подрост верхней части горно-лесного пояса до сих пор остается практически неисследованным [6], поэтому нами впервые была проведена оценка жизнеспособности подроста и особенностей возобновления кедрового подроста в антропогенно нарушенных сообществах верхней части лесного пояса. Однако в горных экосистемах для оценки успешности возобновления одной лишь численности недостаточно. В связи с этим в данной работе в качестве одного из важнейших параметров для оценки состояния естественного возобновления мы использовали жизнеспособность подроста. Кроме того, при оценке качества подроста кедрового подроста в растительных сообществах Центрального Алтая, находящихся на разных уровнях антропогенной трансформации, учитывались также его экологические и морфологические особенности.

Под понятием «жизнеспособность» мы, согласно определениям Ю.А. Злобина [7] и Л.А. Жуковой [8], понимали степень процветания особи в ценозе и перспективы ее дальнейшего развития. Снижение жизнеспособности свидетельствует об ухудшении условий среды для данного вида растений как в связи с естественным изменением биотопов, так и под влиянием антропогенных факторов.

Материалы и методики исследования

Изучение естественного возобновления кедрового подроста сибирского нами проводилось в кедровых лесах и производных от них растительных сообществах в верхней части лесного пояса, на склонах северо-восточной экспозиции, в осевой части Семинского хребта. Территория исследований (район Семинского перевала) характеризуется умеренно континентальным климатом со среднегодовой температурой воздуха в верхней части лесного пояса $-4,7^{\circ}\text{C}$ (по данным ближайшей к району исследований метеостанции Онгудай) и варьированием годового количества осадков по высотному профилю от 450 до 800 мм [9, 10]. Растительный покров представлен высокогорными тундрами, субальпийскими лугами, ерниками и подгольцовыми кедровыми редколесьями, а также разнотравными, широколиственными и кустарничково-разнотравными кедровыми и кедрово-лиственничными лесами [11]. В районе исследований получены некоторые данные о состоянии ценопопуляций кедрового подроста сибирского [12–14], но не затронуты вопросы естественного возобновления.

Исследования проводились нами с 1998 по 2001 г. на постоянных пробных площадях, заложенных по высотному профилю сотрудниками Филиала Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН [15–17]. Профиль протяженно-

стью 15 км был проложен начиная от юго-западного подножия горы Сарлык, спускаясь к Семинскому перевалу в районе Чуйского тракта, к горе Тяхта (1 890 м над ур. м.). Верхняя граница леса на этом участке проходит на высоте 1 800–2 200 м над ур. м. и образована кедром сибирским с участием ели обыкновенной (*Picea obovata* Ledeb.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.).

Основой для написания работы послужили данные, собранные на 3 пробных площадях (ПП), основные характеристики которых приведены в табл. 1. Пробные площади были заложены на склонах северо-восточной экспозиции с крутизной 5–10° на границе горно-лесного и высокогорного поясов в зоне контакта горно-лесотундровых и горно-тундровых почв [18] с учетом характера древостоя и напочвенного покрова согласно ОСТ-56-69-83 [19] и особенностям антропогенного влияния (вырубка и выпас скота).

Таблица 1

Характеристика постоянных пробных площадей в верхней части лесного пояса на склонах северо-восточной экспозиции Семинского хребта

Площадь, га	Растительное сообщество	Высота над ур. м., м	Состав древесного яруса	Кол-во деревьев, экз./га	Средние значения			Относительная полнота	Бонитет
					Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см		
0,3	Кедровое редколесье ерниково-разнотравно-зеленомошное	1 810	10К+ед. К	480 –	80 350	10,3 12,7	21,2 63,6	0,3	V
0,5	Кедровник разнотравный	1 710	10К	126	175	18,0	25,1	0,6	V
0,7	Кедровник разнотравный	1 710	10К+ед. Е, Лц	180	120	13,3	39,0	0,7	V

Примечание. К – кедр сибирский; Е – ель обыкновенная; Лц – лиственница сибирская; ед. – единично.

При проведении исследований по изучению состояния естественного возобновления на Семинском хребте нами использовался широкий спектр традиционных методик [20–25]. В целом было заложено 120 учетных площадок для изучения морфологических особенностей и 210 площадок для оценки возрастного состава и онтогенетической структуры субценопопуляций кедра. Дополнительно на смежных участках, примыкающих к пробной площади, отбирали от 10 до 50 модельных экземпляров молодых особей 6–23-летнего возраста различного онтогенетического состояния для точной оценки возраста и частоты перевершинивания.

При определении жизненности подроста в работе мы использовали ряд формул [8, 26]. Для ювенильного онтогенетического состояния группировка данных проводилась вокруг среднего класса высоты, за центр которого принято среднее значение, а интервал его определялся по формуле

$$\pm \Delta H_{\text{cp}} = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{6},$$

где $\pm \Delta H_{\text{cp}}$ – интервал среднего класса высоты; H_{max} и H_{min} – максимальная и минимальная высота растений ювенильного онтогенетического состояния; 6 – количество онтогенетических состояний для подроста многолетних поликарпических растений.

Соотношение надземной и подземной частей ювенильного растения определялось по формуле

$$CT = \frac{L_{\text{пог}}}{H_{\text{над}}} \cdot 100\%,$$

где CT – соотношение надземной и подземной частей растения, %; $L_{\text{пог}}$ – длина погребенной части растения (глубина залегания корневой системы), см; $H_{\text{над}}$ – высота надземной части растения, см.

В иматурном и виргинильном онтогенетических состояниях группировка данных проводилась вокруг среднего значения соотношения надземной и подземной частей растения, а интервал его определялся по формуле

$$\pm \Delta CT_{\text{cp}} = \frac{CT_{\text{max}}}{CT_{\text{min}}},$$

где $\pm \Delta CT_{\text{cp}}$ – интервал среднего значения соотношения надземной и подземной частей; CT_{max} и CT_{min} – максимальное и минимальное значения соотношения надземной и подземной частей растения данного онтогенетического состояния.

В нашей работе был использован критерий определения уровня жизненности особи, предложенный Л.А. Жуковой [8]. Так, растения с высотой, большей среднего класса высоты, мы относили к высокому уровню жизненности, а с меньшей – к низкому. Иматурные и виргинильные особи с соотношением надземной и подземной частей, меньшим значений среднего класса, были отнесены к высокому уровню жизненности, а с большим – к низкому. В целом жизненность служит показателем соответствия условий среды потребностям растений.

На основе полных геоботанических описаний с помощью шкал И.А. Цаценкина [27] на всех пробных площадях были оценены экологические условия по двум основным факторам: увлажнению и богатству-засолению (трофности) местообитаний. Количественно статусы описаний по данным параметрам рассчитывались в относительных единицах меры напряженности экологических факторов («ступенях») по формуле [28]:

$$Stat = \frac{\sum_{i=1}^N mid(i)}{N},$$

где *Stat* – статус описания; *mid(i)* – середина интервальной оценки *i*-го вида при данном обилии; *N* – количество видов в описании.

Результаты исследования и обсуждение

В результате исследований было выявлено, что в зависимости от степени антропогенной нагрузки и типа фитоценоза количество подростка на разных пробных площадях (ПП) варьирует в широких пределах: от полного отсутствия до 7 000 шт./га, при этом естественное возобновление представлено только одной породой – кедром сибирским.

В ерnikово-разнотравно-зеленомошном кедровом редколесье (ПП 3) сохраняется максимальное количество подростка – 7 000 шт./га. Такая высокая численность подростка соответствует хорошему естественному возобновлению по критерию Г.В. Крылова [29]. В отличие от других данная площадка заложена на месте вырубki 1967 г., и в настоящее время напочвенный покров находится в стадии перехода из лесного с доминированием ерника и зеленых мхов в разнотравный. Подрост распределен по периметру куртин ерника из березки круглолистной (*Betula rotundifolia* Spach) с примесью жимолости алтайской (*Lonicera altaica* Pall. ex DC.), формирующих хорошо развитый (проективное покрытие 55%) кустарниковый ярус.

Моховой покров (проективное покрытие 40%) с преобладанием *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. мозаичен и сохранился в основном в зарослях ерника и по приствольным повышениям редких деревьев кедрa, поэтому практически не влияет на состояние естественного возобновления. Влаголюбивые моховидные сохраняются по понижениям микрорельефа (плотные дерновины видов рода *Polytrichum* Hedw. и рыхлые – *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.), где условия также менее благоприятны для появления подростка кедрa. Между куртинами кустарников из-за осветления резко увеличивается обилие травянистых растений (*Achillea millefolium* L., *Poa sibirica* Roshev., *Carex altaica* Gorodk., *Viola altaica* Ker-Gawl., *Galium krylovii* Пjin и др.), вытесняющих мхи, но высота травяного яруса в среднем не превышает 3 см, поэтому он не препятствует заносу семян кедровкой и мелкими грызунами.

Влияние слабого выпаса в сложении фитоценоза проявляется в увеличении роли щучки дернистой (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.), устойчивой к поеданию и стаптыванию животными. Наиболее слабое влияние выпаса (почти полное отсутствие вытаптывания и скусывания верхушек), отсутствие конкуренции за элементы питания со стороны взрослых деревьев, низкая высота травяного покрова, развитие относительно густых зарослей кустарников,

задерживающих снег, – все это обеспечивает дополнительную защиту естественного возобновления кедра, его высокую численность и более высокую жизненность. Этому способствуют и благоприятные условия увлажнения и трофности местообитания (расчитанные нами 62,8 и 9,2 ступени соответственно), в котором сформировалось ерниково-разнотравно-зеленомошное кедровое редколесье. В целом количество подроста на данной пробной площади является достаточным для восстановления материнского полога.

В кедровнике разнотравном паркового типа (ПП 6) численность подроста кедра в 5 раз меньше. Такое количество особей (1400 шт./га) соответствует умеренному возобновлению. Недалеко от пробной площади находится специально оборудованная стоянка содержания скота, где животные спасаются от дневного зноя, непогоды, нередко ночуют, поэтому на данной пробной площади до настоящего времени отмечается наибольшее воздействие выпаса. Высокая трофность (10,1 ступени), оптимальный режим увлажнения (62,1 ступени) и значительное осветление из-за паркового характера древостоя привели к формированию густого (проективное покрытие 85%) травяного покрова из луговых и лесных видов (*Carex macroura* Meinsh., *Anthoxanthum alpinum* A. et D. Love, *Sanguisorba alpina* Bunge, *Pleurospermum uralense* Hoffm., *Ranunculus propinquus* C.A. Mey., *Aegopodium alpestre* Ledeb. и др.).

Высокая интенсивность выпаса обуславливает небольшую среднюю высоту травостоя (около 10 см) и значительное повреждение кустарников вплоть до полного выпадения видов из состава подлеска (например, присутствие только поломанных и погибших кустов жимолости алтайской). Моховой покров не развит (проективное покрытие 15%) и образован обычными лесными зелеными мхами (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G.) и *Polytrichum commune* Hedw. Высокая сомкнутость травяного яруса является препятствием для появления нового подроста и создает условия сильной конкуренции за водно-минеральные ресурсы для уже существующего возобновления, поэтому в этом разнотравном кедровнике в онтогенетическом спектре субценопопуляций кедрa преобладают ювенильные и почти отсутствуют иматурные особи. Интенсивный выпас приводит к частому повреждению подроста животными и резкому снижению жизненности естественного возобновления. В целом на пробной площади при прекращении антропогенной нагрузки возможно восстановление материнского полога.

В кедровнике разнотравном на ПП 4 выявлено максимальное по сравнению с другими пробными площадями развитие травяного яруса со средней высотой около 40 см и проективным покрытием, достигающим 90%, основу которого составляют *Geranium albiflorum* Ledeb. и *Calamagrostis obtusata* Trin. с примесью *Alchemilla vulgaris* L. s l., *Swertia obtusa* Ledeb., *Rhaponticum cartamoides* (Willd.) Iljin, *Aconitum septentrionale* Koelle и многих других видов. Это обуславливает полное отсутствие естественного возобновления на заложенной пробной площади и практически полное отсутствие моховидных (проективное покрытие не превышает 5%), небольшие пятна

которых встречаются только по участкам с разреженным травяным ярусом – по приствольным повышениям кедра и в отдельных куртинах жимолости алтайской и ерника. В связи с отсутствием подроста (на площади отмечены только всходы), несмотря на сходные с другими пробными площадями условия увлажнения и трофности местообитания (64,9 и 9,9 степени соответственно), данная ПП далее при обсуждении результатов нами не рассматривалась и приводится здесь как пример наименее благоприятного прогноза восстановления древостоя в кедровниках, сформировавшихся на склонах северо-восточной экспозиции Семинского хребта.

В целом изученные кедровники на трех ПП сформировались в местообитаниях с близкими характеристиками основных экологических факторов. Их значения колеблются по степени увлажнения местообитаний от 62,1 до 64,9 степени и по трофности от 9,2 до 10,1 степени. Это свидетельствует о том, что увлажнение северо-восточных склонов лишь немного ниже оптимального для кедр (66-я степень), тогда как трофность изученных местообитаний выше, чем оптимум у этой древесной породы (6,5 степени).

Таким образом, одним из основных лимитирующих факторов для естественного возобновления на Семинском хребте являются значительная высота и густота травяного и кустарникового ярусов, создающая высокую конкурентность между видами и препятствующая распространению семян кедровкой. Формирование такого напочвенного растительного покрова связано с умеренным увлажнением и высокой трофностью изученных местообитаний. Кроме этого, первостепенную роль при формировании субценопопуляций кедр здесь играет антропогенный фактор (в основном пастьба скота). Слабая интенсивность выпаса оказывает слабое влияние на жизнеспособность естественного возобновления кедр, а высокая – приводит к сильному ослаблению подроста и значительному отпаду молодых особей. При этом существование и жизнеспособность кедрового подроста зависят и от особенностей пространственного размещения молодых особей кедр в фитоценозе, без учета которых усредненный числовой показатель возобновления (в пересчете на 1 га) может привести к неправильной оценке возобновления [30].

В рассмотренных типах кедровых лесов мы наблюдали разную онтогенетическую структуру субценопопуляций кедр: с преобладанием в спектре особей ювенильной или имматурной стадий развития (табл. 2). Так, в кедровом редколесье ерничково-разнотравно-зеленомошном преобладали ювенильные (*j*) особи (49%), максимальная доля имматурных особей (*im*) была отмечена в кедровнике разнотравном в первый год исследования (62%) с последующим сокращением численности подроста этой группы вплоть до полного их выпадения из структуры субценопопуляции в связи с активным выпасом на данной пробной площади.

Как показали наши исследования, во всех изученных растительных сообществах верхней части лесного пояса Семинского хребта подрост кедр на ювенильной стадии онтогенеза (рис. 1, *a*) характеризуется высоким уровнем

жизненности. Так, в ерниково-разнотравно-зеленомошном кедровом редколесье на данной стадии онтогенеза практически нет особей с низкой жизненностью. Тогда как в кедровнике разнотравном паркового типа их доля составляет уже около 40% ювенильных особей, что связано в первую очередь с процессами разрушения гумусового слоя почвы, обеднения ее биофильными элементами, уплотнения и ухудшения водного и воздушного режима почвы из-за близости ПП 6 к стоянке скота.

Таблица 2

Возраст и морфологические особенности онтогенетических состояний молодых особей кедр в верхней части лесного пояса Семинского хребта

Растительное сообщество	Онтогенетическое состояние	Соотношение онтогенетических групп, %	Возраст, лет		Высота, см		Диаметр, см	
			средний	lim	средняя	lim	средний	lim
Кедровое редколесье ерниково-разнотравно-зеленомошное	<i>j</i>	49	9	6–15	11,5	6,8–16,6	0,33	0,22–0,54
	<i>im1</i>	34	10	9–13	12,2	6,8–25,0	0,38	0,28–0,58
	<i>im2</i>	17	12	8–15	24,7	11,1–51,9	0,66	0,40–1,32
	<i>v</i>	–	–	–	–	–	–	–
Кедровник разнотравный	<i>j</i>	38	4	2–6	1,9	0,6–3,0	0,19	0,16–0,20
	<i>im1</i>	41	6	4–8	10,0	2,2–15,5	0,31	0,22–0,38
	<i>im2</i>	21	14	9–18	43,8	24,4–59,3	1,30	0,87–1,59
	<i>v</i>	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. Онтогенетические состояния: *j* – ювенильное; *im1* – несформированное имматурное; *im2* – сформированное имматурное; *v* – виргинильное.

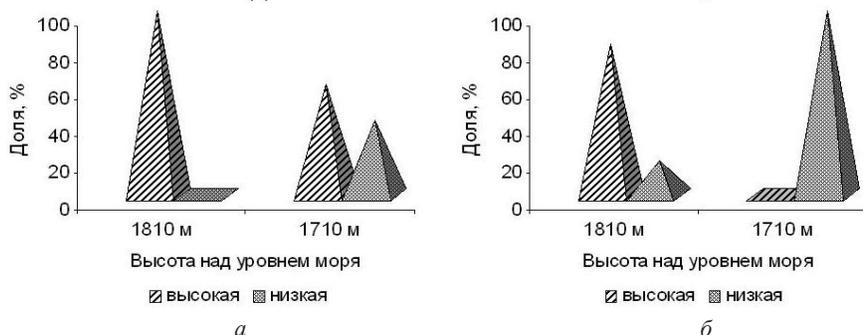


Рис. 1. Распределение кедрового подроста ювенильной (А) и имматурной (Б) стадий онтогенеза по уровням жизненности: по осям абсцисс – высота сообществ над ур. м., м; по осям ординат – доля подроста от общего количества, %; 1 810 м над ур. м. – ерниково-разнотравно-зеленомошное кедровое редколесье, 1 710 м над ур. м. – кедровник разнотравный паркового типа

Для подростка на иматурной стадии развития (рис. 1, б) в целом характерно увеличение количества особей с низкой жизненностью, так как эти особи чаще скусываются скотом. Различия в степени антропогенного влияния (выпаса) приводят к существенной разнице в доле особей с низкой жизненностью в субценопопуляциях. На пробной площади со слабым антропогенным воздействием (ППЗ) повреждено около трети особей, тогда как на ПП с интенсивным выпасом (ПП6) практически у всех особей наблюдалось перевершинивание (часто неоднократное), скусывание верхушек и другие повреждения. Это позволяет сделать вывод о том, что умеренное по количеству особей естественное возобновление кедра в кедровнике разнотравном (1 710 м над ур. м.) не позволит восстановиться кедровому древостою без существенного ограничения человеческой деятельности в данном регионе.

Жизненность кедрового подростка во всех исследованных сообществах в верхней части лесного пояса на склонах северо-восточной экспозиции Семиного хребта в преобладающем большинстве случаев оказалась высокой. Максимальное количество особей с высокой жизненностью (91% особей) было выявлено в малонарушенном ерниково-разнотравно-зеленомошном кедровом редколесье, но большинство подростка относилось к ювенильной стадии. По характеристике фитоценоотического значения всходов и ювенильных особей, данной Т.А. Работновым [31. С. 117], за счет этого звена возрастает степень заполнения пространства данным видом и удержания занятого места за ним в случае гибели взрослых особей. В нашем случае по мере взросления особей до 60% от общего числа подростка ювенильной стадии (7 000 шт./га) в дальнейшем выпадет из жизни субценопопуляции кедр, но на этой площади останется достаточное количество молодых растений кедр для восстановления насаждения (2 800 шт./га). Максимальное же количество экземпляров с низкой жизненностью (57%), как в ювенильной, так и в иматурной стадиях, – в кедровнике разнотравном, где отмечено уплотнение почвы из-за интенсивного выпаса скота, который вытаптывает и поедает вместе с травой молодые побеги деревьев. В связи с этим естественное восстановление кедрового насаждения сильно затруднено.

Заключение

Таким образом, в верхней части горного лесного пояса гибель подростка кедр или его слабая жизненность, обусловленная сильным антропогенным влиянием, с высокой долей вероятности может привести к отодвиганию верхней границы леса вниз на 100–200 м по абсолютной высоте. Лишь слабый выпас скота оказывает незначительное положительное влияние на появление естественного возобновления вследствие уменьшения высоты травостоя и, соответственно, создания более благоприятных условий для заноса семян кедровкой и мелкими грызунами.

Естественное возобновление на северо-восточных склонах Семинского хребта с оптимальными для кедра условиями увлажнения в основном является неудовлетворительным из-за полного отсутствия виргинильных особей. В то же время жизнеспособность кедрового подростка на ювенильной стадии во всех исследованных сообществах высокая (от 60 до 100%), тогда как на более поздней иматурной стадии развития наблюдаются значительные ее колебания (от 0 до 90%) в зависимости от степени антропогенного влияния и типа леса.

Постоянный антропогенный пресс снижает скорость смены поколений деревьев и приводит к изменению онтогенетической структуры популяций кедра на верхней границе леса в сторону формирования левостороннего спектра естественного возобновления с преобладанием ювенильной стадии.

Литература

1. Данченко А.М., Бех И.А. Кедровые леса Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 2010. 424 с.
2. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М. : Наука, 1986. 136 с.
3. Поварницын В.А. Кедровые леса СССР. Красноярск : Сибирский лесотех. ин-т, 1944. 220 с.
4. Титов Е.В. Лесовосстановительные процессы на кедровых вырубках Алтая // Труды Биологического ин-та АН СССР: Природа лесов и повышение их продуктивности / отв. ред. Н.Г. Коломиец. Новосибирск : Наука, 1973. С. 153–157.
5. Титов Е.В. Пространственное размещение подростка темнохвойных пород в кедровниках Алтая // Труды Алт. заповедника: Явления в природных комплексах Алтая, обусловленные вертикальной зональностью / отв. ред. Т. Гончарова. Барнаул, 1977. Вып. 4. С. 53–64.
6. Пац Е.Н. Распределение корневых систем подростка кедра сибирского на верхней границе леса (на примере Семинского хребта) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 2 (10). С. 97–111.
7. Злобин Ю.А. Об уровнях жизнеспособности растений // Ботанический журнал. 1985. Т. 46, № 4. С. 492–505.
8. Жукова Л.А. Многообразие путей онтогенеза в популяциях растений // Экология. 2001. № 3. С. 169–176.
9. Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск : Наука, 1986. 225 с.
10. Справочник по климату СССР. Л. : Гидрометеиздат, 1966. Вып. 20, ч. 3. 576 с.
11. Крылов А.Г., Речан С.П. Типы кедровых и лиственничных лесов Горного Алтая. М. : Наука, 1967. 224 с.
12. Велисевич С.Н., Хуторной О.В., Читоркина О.Ю. Рост и репродукция разновысотных ценопопуляций сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в горах Северо-Восточного Алтая // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 3 (7). С. 73–84.
13. Бендер О.Ю., Зотикова А.П., Велисевич С.Н. Особенности водного обмена и состояния пигментного комплекса хвои кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в горах Северо-Восточного Алтая // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 3 (7). С. 63–72.

14. Жук Е.А. Морфогенез побегов и структура кроны горных экотипов кедров сибирского: опыт исследования *ex situ* // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 2 (10). С. 89–96.
15. Бендер О.Г. Морфо-анатомические и ультраструктурные характеристики хвои сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в Горном Алтае : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2003. 19 с.
16. Воробьев В.Н., Бех И.А., Пац Е.Н., Давыдов В.В. Ветровалы в кедровых лесах Горного Алтая // Лесное хозяйство. 2003. № 3. С. 23–24.
17. Пац Е.Н. Морфологическая структура кедрового подростка на верхней границе леса // Лесоведение. 2004. № 6. С. 13–16.
18. Огородников А.В., Читоркина О.Ю. Почвообразование в кедровых лесах Горного Алтая. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2004. 176 с.
19. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустраительные. Метод закладки. М. : Гослесхоз СССР, 1984. 62 с.
20. Программа и методика биогеоценотических исследований. М. : Наука, 1966. 333 с.
21. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М. : Наука, 1966. 64 с.
22. Шмонов А.М. Определение возраста у подростка кедров сибирского в полевых условиях // Лесное хозяйство. 1976. № 1. С. 68–71.
23. Злобин Ю.А. Оценка качества ценопопуляций подростка древесных пород // Лесоведение. 1976. № 6. С. 72–79.
24. ГОСТ 24835-81 «Саженьцы деревьев и кустарников. Технические условия». М. : Изд-во стандартов, 1981. 20 с.
25. Ипатов В.С., Трахова Т.Н. Количественный анализ ценологических эффектов в размещении деревьев по территории // Ботанический журнал. 1975. Т. 60, № 9. С. 1237–1249.
26. Давыдычев А.Н. Естественное возобновление и эколого-биологические особенности ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в водоохранны-защитных лесах Уфимского плато : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольяты, 2003. 19 с.
27. Цаценкин И.А. Экологические шкалы для растений пастбищ и сенокосов горных и равнинных районов Средней Азии, Алтая и Урала. Душанбе : ДОНИШ, 1967. 225 с.
28. Королюк А.Ю., Троева Е.И., Черосов М.М. и др. Экологическая оценка флоры и растительности Якутии. Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. 108 с.
29. Крылов Г.В. Лесные ресурсы и лесорастительное районирование Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск : Наука, 1962. 240 с.
30. Пац Е.Н. Возобновление кедров сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в антропогенно нарушенных сообществах Семинского хребта (Центральный Алтай) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2009. 24 с.
31. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды Биологического института АН СССР. 1950. Вып. 6. С. 7–204.

Поступила в редакцию 24.10.2011 г.

Elena N. Pats¹, Natalya A. Chernova^{1,2}, Sergey N. Skorokhodov¹

¹Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems of Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

²Biological Institute of Tomsk State University, Tomsk, Russia

SIBERIAN STONE PINE REGENERATION ON THE HIGH ALTITUDINAL SEMINSKY RANGE (THE CENTRAL ALTAI MOUNTAINS)

On the Seminsky Range we revealed that the undergrowth quantity varies widely: from complete absence to 7 000 species per hectare, depending on a degree of human impact and a type of phytocoenosis, while regeneration is represented only by one tree, Siberian stone pine. One of the main limiting factors for the regeneration in the research area is considerable height and density of grassy and shrub stories that promotes high competitiveness between species and blocks the nutcracker's seed spread. The formation of such vegetation cover is caused by moderate moistening and high trophness of study sites (62,1–64,9 and 9,2–10,1 degrees by I.A. Tsatsenkin's scales, respectively).

*In stone pine forests we observed different ontogenetic structure of Siberian stone pine subcoenopopulations – sometimes with dominance of individuals in the juvenile stage (in the open Siberian stone pine forest with various herbs, green mosses, and *Betula rotundifolia*), sometimes – with dominance of immature ones (in the herbaceous stone pine forest). Constant anthropogenic pressure reduces tree generation succession speed and causes the alteration of the stone pine population ontogenetic structure on the upper forest limit. At the same time, the vitality of the stone pine undergrowth on the juvenile stage in all study coenoses is high (up to 100%), while there are considerable variations of it (from 0 to 90%) on the immature stage. Thus, in the open Siberian stone pine forest with various herbs, green mosses, and *Betula rotundifolia* there are no individuals with low vitality on the juvenile stage. While in the herbaceous stone pine forest their percentage is 40% of juvenile plants, which is mainly caused by humus soil destruction, its impoverishment with biophilic elements, soil consolidation and water and air soil regimen deterioration because of being close to a cattle pasture.*

The increase in individuals with a low vitality is typical of the immature stage, for these ones are more often grazed by the cattle. Differences in a degree of human impact (pasturing) cause considerable disparity in the part of plants with low vitality in the subcoenopopulations. On the sample area with a low impact about one third of individuals is damaged, and by intensive pasturing practically every plant had reappetation (often repeated), tops grazing and significant death of young individuals.

Thereby, in mountain conditions of the upper forest belt the death of Siberian stone pine undergrowth or its low vitality caused by strong human impact can result in shifting of the upper forest limit down to 100–200 m of altitude. Only poor pasturing inconsiderably influences for the better the appearing of regeneration followed by decreasing herbage height and, correspondingly, creating more favorable conditions for spreading seeds by a nutcracker and small gnawers. On the whole, the regeneration on the north-east slopes of the Seminsky Range with the best moistening conditions for a Siberian stone pine is generally insufficient because of complete absence of virginial trees.

Key words: undergrowth; Siberian stone pine; vitality; ecological scales.