

УДК 58.03; 58.009; 58.01/.07

**ПОПУЛЯЦИЯ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ *JUNIPEROUS POLYCARPOS* К. КОХ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ  
В ХОЛОДНОЙ ПУСТЫНЕ ГИМАЛАЕВ (ИНДИЯ)**

© 2020 г. А. Сингх\*, С.С. Самант\*\*

\*Центр высокогорной биологии Института технологий биоресурсов Гималаев  
Индия, 175132, Риблинг, Танди, Лахул-Спити, Химачал-Прадеш. E-mail: ashoksingh@ihbt.res.in

\*\*Национальный институт окружающей среды и стабильного развития Гималаев им. Г.Б. Панта  
Индия, 175126, Химачал, Мохал-Куллу, Химачал-Прадеш. E-mail: samantss2@rediffmail.com

Поступила в редакцию 19.12.2018. После доработки 12.08.2019. Принята к публикации 30.09.2019

Можжевельник восточный (*Juniperus polycarpus* К. Koch) – растительный вид Гималайского региона, существование которого находится под самой высокой угрозой исчезновения. Данное исследование предоставляет информацию по мониторингу можжевельниковой популяции и степени его распространения в высотных областях Гималайских гор. В своей работе мы собрали исчерпывающие данные о *J. polycarpus*, такие как широта распространения, характеристики местообитания, состав, структура, размер популяции, области применения вида и статус многообразия. Его распространение и плотность были максимальными в чистых лесных местообитаниях, в отличие от смешанных. Средневысотная лесная зона (3100-3500 м н.у.м. для сообществ с доминирующим *J. polycarpus*, 2710-3100 м н.у.м. для смешанных) продемонстрировала подходящие качества для развития можжевельника и достижения им высокой плотности. Встречаемость видов над верхней границей произрастания лесов (4100 м н.у.м.) показывает влияние климатических изменений. В общей сложности в популяции зафиксирован 281 вид растений из 158 родов и 48 семейств: 37.04% – местные, 2.06% – эндемики, 23.87% – эуэндемики, 74.44% – экономически значимые, 20.28% – находящиеся под угрозой. Рекомендуется постоянный мониторинг популяции, подверженной влиянию климатических изменений.

**Ключевые слова:** структура популяции, разнообразие, исследования климатических изменений, этно-ботанические исследования, местные виды, виды под угрозой исчезновения.

**DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10080**

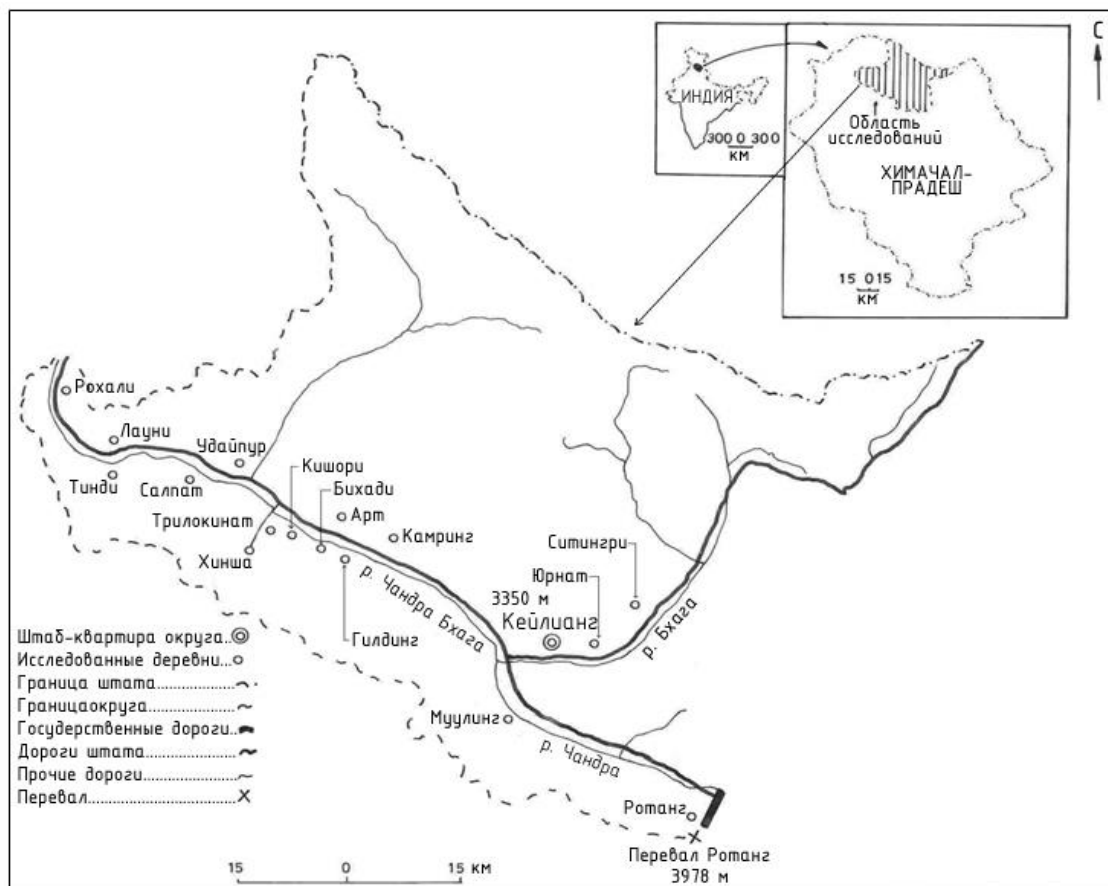
Стремительное вмешательство климатических изменений в регион индийских Гималаев вынудил научное сообщество задокументировать свои знания о высокоценных видах, находящихся под угрозой исчезновения. Исследования по оценке популяции рода *Juniperus* в этом регионе ранее не проводились. В регионе зарегистрировано 7 видов *Juniperus*: *Juniperus communis*, *J. indica*, *J. polycarpus*, *J. recurva*, *J. recurva* var. *coxii*, *J. semiglobosa* и *J. squamata* (Aswal, Mehrotra, 1994; Kachroo et al., 2002; Sahani, 1990), 4 из которых были найдены в зоне холодной пустыни в Химачал-Прадеш (Singh, 2007; Kachroo et al., 2002; Singh et al., 2009). *J. polycarpus* К. Koch (или *J. macropoda* из семейства кипарисовых) – вид, находящийся под угрозой по всему миру, но широко распространенный в Лахул-Спити и в некоторых частях Киннаура и Чамбы (регион Панги) в Химачал-Прадеш, а также в долине реки Кишанганга (районы Джамму и Кашмир). Это один из трех видов, востребованных в зоне холодной пустыни и экологически подходящих для жизни в ней (Singh, 2007; Singh, Samant, 2010). Исследования по оценке сообщества *J. polycarpus*, структуры его популяции, встречаемости в смешанных древесных сообществах, разнообразия, структуры распространения, локальности и эндемичности обитания, редкости встречаемости, роли в экосистеме и природоохранной ценности до сих пор не предпринимались.

**Материалы и методы**

**Область исследования.** За последнее десятилетие (между 2004 и 2016 гг.) были проведены

обширные исследования по оценке популяции *J. polycarpus* на высоте между 2760-4300 м н.у.м. (склон 20-50°, координаты с 32° 30.099' по 32° 43.656 с.ш. и с 76° 39.665' по 77° 12.847' в.д.) вокруг выбранных деревень в районе Лахул-Спити, северозападный регион Гималаев (рис. 1). Климат в данной области сухой, умеренно-альпийский. Регион подвержен воздействию экстремальных климатических процессов (температура варьирует от -20°C до +33°C), небольших осадков (100-500 мм/год), обильных снегопадов (120-400 см/год) и высокой почвенной эрозии; скудная растительность и короткие периоды ее развития изучены плохо (Singh, 2007).

*Исследование, сбор образцов, определение, анализ данных.* На основе физических свойств и местообитаний мы подсчитали количество видов по всем возможным аспектам на различных высотах (Samant et al., 2002). Экологические исследования проводились на площадках с доминированием *J. polycarpus* в популяции и в смешанных лесах, где было замечено присутствие *J. polycarpus*. Прибегнув к случайной выборке проб, на специально выбранной большой площадке 50x50 м мы выделили десять квадратов размером 10x10 м для деревьев; 20 квадратов размером 5x5 м для кустарников; двадцать квадратов размером 1x1 м для растительности. Образцы собрали и определили с помощью местных ботаников (Aswal, Mehrotra, 1994; Murti, 2001; Polunin, Stainton, 1984). Экологические данные мы собрали и проанализировали, следуя методикам J.T. Curtis и R.P. McIntosh (1950), а также D. Muller-Dombois и H. Ellenberge (1974); видовое разнообразие проанализировали с помощью работы С.Е. Shannon и W. Wiener (1963), а видовое доминирование – с помощью работы Е.Н. Simpson (1949). По данным измерений (на высоте 1.37 м от земли), растения принимались за дерево при диаметре (d) ствола  $\geq 31.5$  см, за молодые деревья – при  $d=10.5-31.4$  см и за подрост – при  $d < 10.5$  см. Древесные сообщества оценивали с помощью индекса их значимости (IVI).



**Рис. 1.** Картограмма долины Лахул (часть региона Лахул-Спити) в Химачал-Прадеше, Индия.

Принадлежность видов к местным мы определяли по работам нескольких авторов: S.S. Samant с соавторами (2007) и Anonymous (1883-1970); эндемичность и эуэндемичность – по работам

S.S. Samant и U. Dhar (1993, 1997), а также S.S. Samant с соавторами (2000a). Также с каждой площадки мы собрали комбинированные образцы почв глубиной 20 см, а затем проанализировали их по методике S.E. Allen (1974).

Этноботанические исследования мы провели, используя основную информацию и доступные нам знания о местных регионах, а также метод экспресс-оценки (Samant et al., 2002; Singh, 2007; Singh et al., 2009). Дерево на растопку собирают каждый год с мая по ноябрь; мы исследовали 15 деревьев (один человек в семье собирает дерево на растопку на 30 дней), чтобы составить тренд по добыче (Samant et al., 2000б).

Редкость видов определяли с помощью шести параметров, показанных в таблице 1 (Samant et al., 2002; Rana, Samant, 2010).

$$\text{Среднее количество собранной древесины (кг)} = \frac{\text{(Общее количество по всем площадкам)}}{\text{(Количество площадок)}}$$

$$\text{Среднее количество собранной древесины (площадок в день)} = \frac{\{ \text{Сумма } i^{го} \text{ по 15 деревьям (среднее количество собранных видов)} \times \text{ (Общее количество людей, собравших древесину в } i^{ой} \text{ деревне)} \}}{\{ \text{Сумма } i^{го} \text{ по 15 деревьям (общее количество людей, собравших древесину в } i^{ой} \text{ деревне)} \}}$$

Среднее количество древесины на семью в день = 1 x среднее количество образцов в день,

Среднее количество древесины на семью в год = 30 x среднее количество семей в день,

$$\text{Вероятность использования по назначению} = \frac{\text{Сумма } i^{го} \text{ по 15 деревьям (частота сбора одного вида в } i^{ой} \text{ деревне)}}{\text{Сумма } i^{го} \text{ по 15 деревьям (количество жителей в } i^{ой} \text{ деревне)}}$$

$$\text{Индекс использования ресурса} = \frac{\text{(среднее количество собранной древесины на семью в год)} \times \text{(вероятность использования по назначению)}}{\text{}}$$

**Таблица 1.** Разные критерии статуса угрозы флористическому разнообразию.

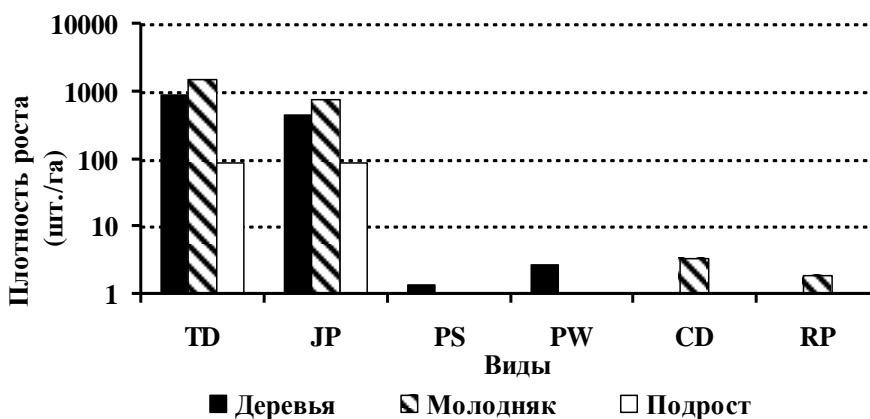
Количество местобитаний	Высота, м н.у.м	Популяция (количество особей/количество мест обнаружения)	Количество областей применения	Добыча	Местные и эндемики	Количество видов
1	<500	<250 / 2	4 и >4	На продажу	Местные и эндемики	10
2-3	500-1000	250-1000 / 3-5	2-3	Для личного использования	Местные или эндемики	6
>3	>1000	>1000 / более 5	1	Не используется	Не местные	2

### Результаты

Оценка структурной схемы популяции в сообществе *J. polycarpus*. Общая плотность роста деревьев составила 441 шт./га, площадь ствола у основания – 13.65 м<sup>2</sup>/га, общая плотность подроста – 166 шт./га, общая плотность молодых деревьев – 535 шт./га, установленная для всех видов на площадках/местах обитания (45 квадратов) исследуемой территории. *J. polycarpus* (437 шт./га, площадь ствола у основания – 13.45 м<sup>2</sup>/га, индекс значимости (IVI) – 297.18) был доминирующим видом. Низкие значения мы зарегистрировали для других сопутствующих видов, таких как *Pinus wallichiana* (3 шт./га, площадь ствола у основания – 0.08 м<sup>2</sup>/га, IVI – 1.48) и *Picea smithiana* (1 шт./га, площадь ствола – 0.12 м<sup>2</sup>/га, IVI – 1.34). *J. polycarpus* – единственный вид, присутствующий в ярусе подроста. Среди молодых деревьев наиболее высокая плотность роста была у *J. polycarpus* (529 шт./га), а низкая – у *Cedrus deodara* (3 шт./га) и *Robinia pseudoacacia* (2 шт./га; рис. 2). Общая

плотность роста кустарников – 2663 шт./га, среди них больше всего *Rosa webbiana* (42.60%) и *Caragana versicolor* (23.07%). Общая плотность травяного покрова – 34 шт./м, среди которого больше всего *Agrostis munroana* (5.58%), *Thymus linearis* (5.44%), *Polygonum plebeium* (5.36%) и *Eragrostis minor* (5.07%).

*Оценка популяции в сообществе с доминирующим J. polycarpus по ее местообитанию.* В общей сложности было исследовано 45 квадратов (50x50 м) в пяти местах обитания, пяти аспектах и на шести локациях при различных топографических условиях (табл. 2). Наибольшее количество площадок (12) представлено валунистой местностью, а также сухими склонами (11 площадок), каменистыми склонами (10), деградировавшими местообитаниями (6) и речными берегами (6). 12 площадок представлены юго-восточной экспозицией, 11 – восточной, 9 – юго-западной и 8 – западной. В таблице 2 показаны: максимальная плотность роста деревьев и площадь их стволов у основания по сухим склонам, а также в валунистых и каменистых местообитаниях; минимальное значение зарегистрировано по речным берегам (475 шт./га). В таблице также представлены значения максимального возобновления молодых деревьев по сухим склонам (752 шт./га), каменистым (636 шт./га) и деградировавшим (628 шт./га) местообитаниям. Показана связь с *C. deodara* на сухих склонах, с *P. wallichiana* и *C. deodara* в валунистых и с *P. smithiana* в каменистых местообитаниях. Максимальная плотность проростков наблюдалась в каменистых (133 шт./га), деградировавших (115 шт./га) и валунистых (113 шт./га) местообитаниях.



**Рис. 2.** Структура популяции сообщества *Juniperus polycarpus* в холодной пустыне долины Лахул, Индия. Условные обозначения: TD – общая плотность роста, JP – *Juniperus polycarpus*, PS – *Picea smithiana*, PW – *Pinus wallichiana*, CD – *Cedrus deodara*, RP – *Robinia pseudoacacia*.

*J. polycarpus* и его связь с другими древесными сообществами. В сообществе *Pinus wallichiana*: *J. polycarpus* продемонстрировал очень низкие значения (4 шт./га, площадь ствола у основания – 3.25 м<sup>2</sup>/га, IVI – 3.25) по сравнению с максимальными значениями у *P. wallichiana* (346 шт./га, 24.44 м<sup>2</sup>/га, 258.80) и *Betula utilis* (80 шт./га, 4.52 м<sup>2</sup>/га, 37.70). Максимальная плотность подроста наблюдалась у *P. wallichiana* (205 шт./га) и сравнительно гораздо меньшая плотность – у *B. utilis* (19 шт./га) и *J. polycarpus* (3 шт./га). Максимальная плотность молодых деревьев – у *P. wallichiana* (316 шт./га), несколько меньшая – у *B. utilis* (28 шт./га), *Cedrus deodara* (12 шт./га) и *J. polycarpus* (5 шт./га).

В сообществе *Cedrus deodara*: у *J. polycarpus* очень низкая плотность (4 шт./га, 0.01 м<sup>2</sup>/га, 6.50). Максимальная плотность подроста – у *J. polycarpus* (166 шт./га) и *C. deodara* (102 шт./га). Максимальная плотность молодых деревьев – у *C. deodara* (392 шт./га) и *J. polycarpus* (286 шт./га). Максимальные значения для подроста *J. polycarpus* указывают на то, что в ближайшем будущем он может заменить *C. deodara*.

В сообществе *Picea smithiana*: *P. smithiana* (293 шт./га) – доминирующий вид, а *J. polycarpus* (64 шт./га, 1.17 м<sup>2</sup>/га, 31.72) и *P. wallichiana* (43 шт./га, 2.64 м<sup>2</sup>/га, 31.20) – основные сопутствующие виды. Максимальная плотность подроста – у *J. polycarpus* (134 шт./га), *Corylus jacquemontii* (70 шт./га) и *P. smithiana* (54 шт./га). Максимальная плотность молодых деревьев – у *J. polycarpus*

(156 шт./га), *P. smithiana* (79 шт./га) и *P. wallichiana* (22 шт./га). Максимальные значения для подроста и молодняка *J. polycarpus* указывают на то, что в ближайшем будущем этот вид заменит *P. smithiana*.

В сообществе *Betula utilis*: возобновление подроста *J. polycarpus* здесь гораздо ниже (3 шт./га). Хотя доминантом выступает *B. utilis* (516 шт./га), *Abies pindrow* (57 шт./га) и *P. wallichiana* (15 шт./га) являются содоминантами. Встречаемость подроста *J. polycarpus* указывает на высотный сдвиг в структуре распространения *J. polycarpus*.

В смешанном сообществе *Juniperus polycarpus*–*Cedrus deodara*: *J. polycarpus* (283 шт./га, 22.70 м<sup>2</sup>/га, 102.77) и *C. deodara* (278 шт./га, 85.96 м<sup>2</sup>/га, 147.32) выступают основными доминантными деревьями, а *P. wallichiana* и *Juglans regia* – сопутствующими видами. Максимальная плотность – у *J. polycarpus* (подрост – 178 шт./га, молодые деревья – 444 шт./га), *C. deodara* (подрост – 39 шт./га, молодняк – 78 шт./га). Это указывает на то, что в ближайшем будущем сообщество станет чистым *J. polycarpus*.

**Таблица 2.** Разнообразие в зависимости от места обитания, картина распределения *J. polycarpus* в холодной пустыне долины Лахул, в Индии.

Местообитания	Общее количество площадок	Диапазон высот (м н.у.м.)	Экспозиции склонов*	Регионы**	Средняя плотность роста (шт./га)	Средняя площадь ствола у основания у <i>J. polycarpus</i> (м <sup>2</sup> /га)	Общая площадь ствола у основания всех видов (м <sup>2</sup> /га)	Индекс значимости (IVI)	Сопутствующие древесные виды***	Плотность роста молодых деревьев (шт./га)	Плотность роста подроста (шт./га)
<b>Показатели для чистого лесного сообщества <i>J. polycarpus</i></b>											
Валунистые	12	2805-3570	ЮВ, ЮЗ, В, З, Ю	I-VI	430	14.38	–	277.92	<i>PW, CD</i>	566	113
Дегради-ровавшие	6	2960-3410	ЮЗ, В, З	III, IV, VI	332	9.63	–	300.00	–	628	115
Сухие склоны	11	3150-3425	ЮВ, В, ЮЗ, ЮЗ	II-V	636	24.01	–	283.30	<i>CD</i>	752	48
Речные берега	6	2760-3415	ЮЗ, ЮВ, В, Ю	II, III, V	332	18.86	–	298.24	–	475	75
Каменистые	10	2940-3445	ЮВ, ЮЗ, В, З	II-VI	344	10.81	–	294.23	<i>PS</i>	636	133
<b>Показатели для смешанного редколесья с <i>J. polycarpus</i></b>											
Каменистые	3	2740-3450	Ю, В, СВ	V-VII	95	1.79	19.98	51.03	<i>PW, PS, CD</i>	–	180
Тенисто-влажные	1	2760	СВ	VI	100	1.74	21.49	54.39	<i>PS</i>	–	213
Валунистые	4	2710-2820	СВ, Ю,З	V, VII	150	8.55	73.41	68.96	<i>PS, CD</i>	403	248
Сухие склоны	5	2760-2850	В, З, Ю, СЗ	V, VII	135	10.20	152.34	45.72	<i>PS, CD</i>	561	379
Дегради-ровавшие	2	2940-3100	СВ, СЗ	VI	160	4.27	42.13	60.82	<i>PS</i>	285	–
Речные берега	2	2760-2900	Ю, СЗ	V, VIII	20	0.02	0.25	49.97	<i>PW, CD</i>	60	–

**Примечания к таблице 2:** \*Экспозиции склонов: С – север, Ю – юг, З – запад, В – восток. \*\*Регионы: I – Килонг, II – Стингри, III – Юрнат, IV – Камринг, V – Удайпур, VI – Бихади, VII – Трилокинат, VIII – Муулинг. \*\*\*Сопутствующие древесные виды: *PW* – *Pinus wallichiana*, *CD* – *Cedrus deodara*, *PS* – *Picea smithiana*.

В смешанном сообществе *Salix fragilis–Fraxinus xanthoxyloides*: максимальная плотность подроста (80 шт./га) и молодых деревьев (140 шт./га) наблюдалась у *J. polycarpus*. Однако также мы выделили такие виды, как *Fraxinus xanthoxyloides* с плотностью роста подроста 50 шт./га и *C. deodara* с плотностью роста молодняка 60 шт./га. Это указывает на то, что в ближайшем будущем *J. polycarpus* заменит собой данное сообщество.

Оценка популяции *J. polycarpus* в смешанных сообществах (отличающихся от чистых сообществ из *J. polycarpus*) по местообитанию. *J. polycarpus* был встречен на 17 площадках, 6 местообитаниях, в четырех диапазонах высот и на пяти экспозициях на высоте 2710-3450 м н.у.м. (табл. 2). Он был встречен в разных сообществах, таких как *C. deodara* (9 площадок, 4 местообитания, 2 аспекта), *P. smithiana* (6 площадок, 5 местообитаний, 2 аспектов) и *P. wallichiana* (2 площадки, 2 местообитания, 2 аспекта). В таблице 2 показано, что максимальная плотность роста деревьев наблюдалась в деградировавшем местообитании в Бихади, а также в валунистом в Удайпуре и Трилокинате и на сухих склонах там же. Общая площадь основания ствола у *J. polycarpus* была максимальной по сухим склонам – 10.20 м<sup>2</sup>/га и в валунистых местообитаниях – 8.55 м<sup>2</sup>/га. Плотность роста молодняка была максимальной по сухим склонам – 561 шт./га, в валунистом 403 шт./га и деградировавшем местообитании – 285 шт./га, а минимальная – по речным берегам, где она составила 60 шт./га. Возобновление подроста (379 шт./га) было максимальным по сухим склонам. Однако в валунистых (248 шт./га), тенисто-влажных (213 шт./га) и каменистых (180 шт./га) местообитаниях возобновление подроста оказалось почти таким же. Плотность роста и площадь ствола у основания были максимальными в зоне средней высотности – 2801-3800 м н.у.м.

**Таблица 3.** Оценка популяции *Juniperus polycarpus* по местам распространения в холодной пустыне долины Лахул (Индия).

Район	Места обитания*	Диапазон высот, м н.у.м.	Экспозиция склона	Средняя плотность роста (количество/га)	Средняя площадь ствола у основания (м <sup>2</sup> /га)	Индекс значимости (IVI)	Количество площадок	Сопутствующие виды
Килонг	D	3200-3210	ЮЗ	820.00	16.91	300.00	2	–
Стингри	A, B, C, D	3255-3465	ЮВ, Ю	462.00	10.08	300.00	9	–
Юрнат	A, B, C, D, E	3180-3570	ЮЗ, В, ЮВ	429.58	7.88	300.0	17	–
Бихади Кишори	A, B, C	2940-3040	ЮВ, В	350.00	37.61	259.59	3	<i>Picea smithiana</i> , <i>Pinus wallichiana</i>
Удайпур	B, C, D	2760-2805	З, Ю	332.78	51.34	201.38	4	<i>Cedrus deodara</i>
Камринг	A, B, C, D	2960-3310	З, ЮВ, В	435.47	14.63	300.00	10	–

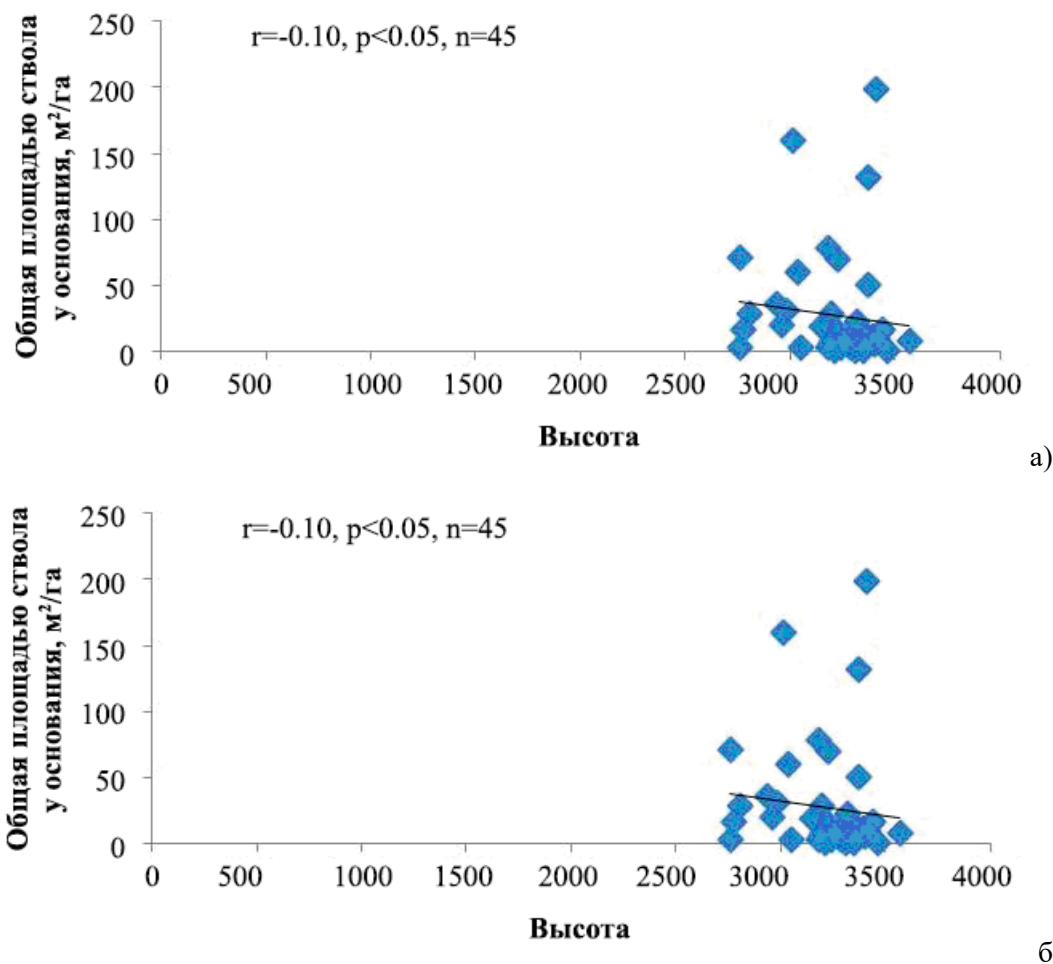
**Примечания к таблице 3:** \*Места обитания: А – каменистые, В – валунистые, С – речные берега, D – сухие склоны, E – деградировавшие.

В чистом лесном сообществе (рис. 3) наблюдалось положительное соотношение плотности роста и диапазона высот их произрастания; мы изучили плотность роста молодых деревьев и высоту, на которой они произрастали. Однако при этом наблюдалось отрицательное соотношение между плотностью подроста и диапазоном высоты произрастания; мы измерили площадь стволов у основания и высотные показатели. В случае смешанных лесных сообществ (рис. 4) замечено положительное соотношение между плотностью роста взрослых и молодых деревьев; мы измерили плотность и площадь стволов у основания.

Оценка *J. polycarpus* в зависимости от места произрастания. Максимальную плотность роста мы зарегистрировали в Кейланге – 820 шт./га и Стингри – 462 шт./га. А максимальную площадь стволов у

основания – в Удайпуре (51.34 м<sup>2</sup>/га) и Бихади (37.61 м<sup>2</sup>/га), а минимальную – в Юрнате (7.88 м<sup>2</sup>/га). Максимальная плотность роста молодняка – в Кейланге (950 шт./га) и Юрнате (709 шт./га); подростка – в Удайпуре (200 шт./га) и Камринге (126 шт./га), что отображено в таблице 3.

На новых площадках, в долинах Чандры и Бхадры, в последние десятилетия изучалось влияние климатических изменений, выраженное в смещении широты распространения до 4100 м н.у.м. выше границы произрастания лесов (3800 м н.у.м.).



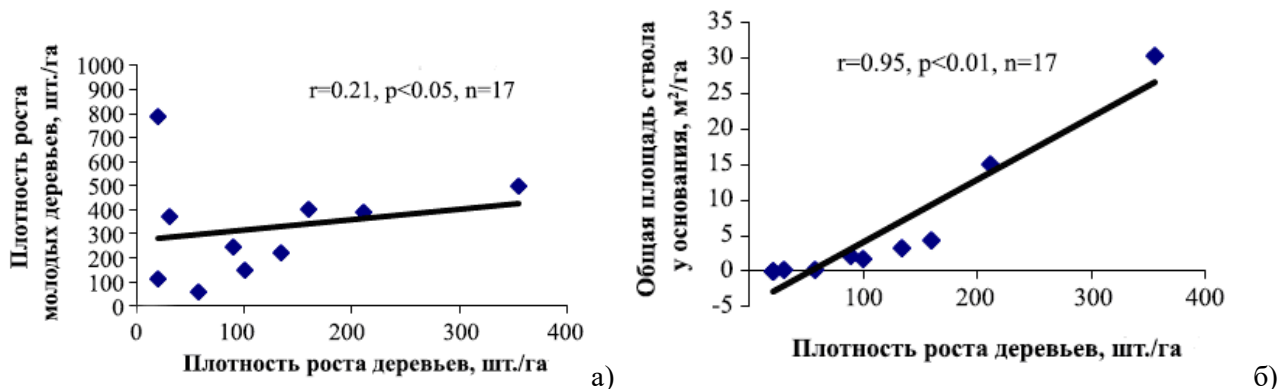
**Рис. 3.** Корреляция между биологическими показателями в чистом сообществе *J. Polycarpus*: а) между плотностью роста деревьев и высотностью, б) между общей площадью ствола у основания и высотностью.

**Физико-химический анализ почвенных образцов.** В чистом древесном сообществе показатели рН почвы составили 7.33-7.59 (диапазон от нейтрального до слабощелочного), органического углерода – 2.02-5.83% (неразложившиеся органические остатки), азота – 0.62-2.60% (достаточно доступный). Однако в случае смешанных лесов, где *J. polycarpus* является сопутствующим видом, показатели рН почвы составили 6.32-7.12 (от слабокислотного до нейтрального), органического углерода – 0.08-12.34% (неразложившиеся органические остатки в чистом хвойном лесу и разложившиеся – в широколиственном), азота – 0.67-0.86% (достаточно доступный). Плотность роста и площадь стволов у основания оказались максимальными при нейтральном рН и составили 6.54 и 7.12 соответственно; это указывает на то, что в условиях нейтральной среды *J. polycarpus* развивается особенно хорошо.

**Этно-ботаническая значимость *J. polycarpus*.** Использование в качестве материала на растопку. Из всех 42 видов, которые используются для растопки, *J. polycarpus* оказался самым значимым (Singh, 2007). Показатели сбора для этого вида составили 224.73 кг, средний вес – 11.05 кг на семью в

день и 331.43 кг на семью в год, вероятность правильного использования – 0.39%, индекс использования ресурса – 128.16. Это самый важный востребованный вид после *Salix fragilis*.

*Использование в религиозных целях.* Листья и ветки можжевельника считаются священными подношениями местному богу. Дерево является неотъемлемой частью жизни людей в зоне холодных пустынь Гималаев и используется для празднований и ритуалов.



**Рис. 4.** Корреляция между биологическими показателями в смешанном лесном сообществе с участием *J. polycarpus*: а) между плотностью роста взрослых и молодых деревьев, б) между плотностью роста и общей площадью ствола у основания.

*Традиционное использование.* Этот вид используется для создания бытовых изделий, таких как «*anwain*» (ванна), «*chujom*» (емкость для переноса воды), «*dannu*» (маслобойка для творога, емкость для хранения напитка ласси), «*takui*» (инструмент для прядения шерсти), «*hadd*» (плуг), «*Par*» (форма для вырезания тонкого хлеба чапати), «*Zowa*» (посуда для приготовления гречневых блинов из *Fagopyrum esculatum*), «*Dau/Chatui/Kadchi*» (кухонные принадлежности), «*Chopcha*» (ложка), «*Chopstick*» (палочки для супа с лапшой), «*Pyala*» (чашка), «*Dongmo*» (кастрюля для приготовления соленого молочного чая), «*Kothadi*» и «*Datha*» (коробочки для хранения круп), «*Halda*» (факел для фестивалей «*Khogla*», «*Dhai*», «*Phagli*», свадеб и ритуальных церемоний), «*Pan/Shid*» (лестница) и другие.

*Экологические исследования сообщества J. polycarpus.* Видовой состав. Общее число видов составило 281 (5 видов деревьев, 27 кустарников и 249 прочих) из 158 родов и 48 семейств. Среди зарегистрированных нами семейств доминировали Asteraceae (45 видов), Poaceae (25 видов), Fabaceae (22 видов), Lamiaceae (16 видов) и другие. Тринадцать семейств оказались монотипичными.

*Видовое разнообразие и концентрация доминирования.* Сообщество *J. polycarpus* показало высокое значение видового разнообразия для кустарников – 1.91 и травянистых растений – 4.30, низкое для деревьев – 0.06. Самое высокое доминирование оказалось у деревьев – 0.98, меньшее – у кустарников – 0.25 и травянистых растений – 0.02.

*Местные и эндемичные виды в сообществе J. polycarpus.* Среди общего количества видов 37% оказались местными, 2% – эндемичными, а 24% – эуэндемичными (табл. 4).

*Экономическая значимость видов в сообществе J. polycarpus.* Мы обнаружили 198 экономически важных видов для медицинского использования – 159 видов, на корм скоту – 93, съедобных видов – 57, используемых в религии – 30, на растопку – 26, в строительстве – 7, для создания сельскохозяйственных инструментов – 4 и другого использования – 33 (табл. 4).

*Виды в сообществе J. polycarpus, находящиеся под угрозой исчезновения.* Мы обнаружили 57 видов, из которых 5 находятся под угрозой исчезновения, 20 являются уязвимыми и 32 – в состоянии, близком к угрожаемому (табл. 4).

#### Обсуждение и выводы

В Индии леса с *J. polycarpus* контролируются с использованием «Системы групповой селекции / Group Selection System» (Pandey, 1993-2007). Независимо от этого из-за полного правительственного запрета на вырубку лесов ради их сохранения здесь по-прежнему не хватает эффективной практики по контролю лесов.



Зарегистрированная нами плотность роста *J. polycarpus* (437 шт./га) выше, чем в пакистанском Белуджистане (332 шт./га; Moinuddin et al., 1990), и меньше, чем в долине греческой р. Нестос (Milos et al., 2007), что является следствием чистого распространения вида. Площадь ствола у основания (13.45 м<sup>2</sup>/га) меньше, чем в долине Нестоса (19.4-25.5 м<sup>2</sup>/га; Milos et al., 2007), а рост деревьев в тяжелых климатических условиях оказался таким же, как в Белуджистане (Sarangzai et al., 2012). Общая плотность роста кустарников (2663 шт./га) и травяных растений (34 шт./га) была ниже, чем в Пиндари и Нанда Деви (Samant et al., 2002). Низкие значения видового разнообразия и высокие – концентрации доминирования можно объяснить невысокими показателями развития и многообразия сообществ (Fischer, 1960), а также суровостью окружающей среды (Connel, Orias, 1964). Широкое распространение *J. polycarpus* (в разных местах обитания, аспектах и на разных высотах) и обширные исследования выявили разнообразие видового богатства сопутствующих видов (Singh, 2007; Singh, Samant, 2010).

**Таблица 4.** Наиболее значимые виды растений (местные, эндемичные, эуэндемичные, под угрозой исчезновения, экономически значимые), найденные в лесном сообществе *J. polycarpus* в холодной пустыне долины Лахул, в Индии.

Характеристика распространения, природоохранного статуса и использования видов	Виды растений по типам ареалов, по степени охраны и экологической значимости
Тип ареала	Распределение видов по типу ареала
Местные	<i>Anaphalis contorta</i> , <i>Aquilegia moorcroftiana</i> , <i>A. fragrans</i> , <i>Aster molliusculus</i> , <i>Bupleurum himalayense</i> , <i>Calamagrostis emodensis</i> , <i>Carex setosa</i> , <i>Chaerophyllum reflexum</i> , <i>C. villosum</i> , <i>Cicerbita macrorrhiza</i> , <i>Cirsium falconeri</i> , <i>Cousinia thomsonii</i> , <i>Cremanthodium decaisnei</i> , <i>Cynoglossum microglochis</i> , <i>C. nervosum</i> , <i>Dianthus angulatus</i> , <i>Dracocephalum speciosum</i> , <i>Elsholtzia strobilifera</i> , <i>Eremurus himalaicus</i> , <i>Gnaphalium thomsonii</i> , <i>Hackelia uncinata</i> , <i>Hedysarum cachemirianum</i> , <i>Iris kemaonensis</i> , <i>Leptorhabdos parviflora</i> , <i>Ligusticum elatum</i> , <i>Nepeta laevigata</i> , <i>N. discolor</i> , <i>N. longibracteata</i> , <i>N. nervosa</i> , <i>Pedicularis tenuirostris</i> , <i>Picrorhiza kurrooa</i> , <i>Poa koelzii</i> , <i>Polygonum amplexicaule</i> , <i>Primula denticulata</i> , <i>Pseudomertensia echioides</i> , <i>Rubus foliolosus</i> , <i>Rumex hastatus</i> , <i>Saussurea roylei</i> , <i>S. albescens</i> , <i>S. deltoidea</i> , <i>S. gnaphalodes</i> , <i>S. jacea</i> , <i>Scrophularia dentata</i> , <i>Selinum tenuifolium</i> , <i>Senecio laetus</i> , <i>Silene edgeworthii</i> , <i>S. nepalensis</i> , <i>Swertia cordata</i> , <i>Thalictrum cultratum</i> , <i>T. pauciflorum</i> , <i>Trigonella emodi</i> , <i>Cotoneaster pruinosis</i> , <i>Indigofera heterantha</i> , <i>Lonicera myrtillus</i> , <i>L. quinquelocularis</i> , <i>Ribes glaciale</i> , <i>Rosa webbiana</i>
Эндемичные	<i>Bupleurum lanceolatum</i> , <i>Codonopsis clematidea</i> , <i>Cystopteris montana</i> , <i>Heracleum thomsonii</i> , <i>Saussurea costus</i> , <i>Berberis pseudumbellata</i>
Эуэндемичные	<i>Aconitum heterophyllum</i> , <i>Arabidopsis himalaica</i> , <i>Arenaria festucoides</i> , <i>Astragalus bicuspidis</i> , <i>A. chlorostachys</i> , <i>A. himalayanus</i> , <i>A. rhizanthus</i> , <i>Bergenia stracheyi</i> , <i>Bistorta affinis</i> , <i>Bupleurum falcatum</i> , <i>Cirsium verutum</i> , <i>C. wallichii</i> var. <i>glabratum</i> , <i>Corydalis govaniana</i> , <i>Codonopsis ovata</i> , <i>C. rotundifolia</i> , <i>Euphrasia himalayica</i> , <i>Gypsophila cerastoides</i> , <i>Impatiens glandulifera</i> , <i>Jaeschkea oligosperma</i> , <i>Juncus himalensis</i> , <i>Lactuca lessertiana</i> , <i>Lindelofia longiflora</i> var. <i>falconeri</i> , <i>Meconopsis aculeata</i> , <i>Morina coulteriana</i> , <i>Nepeta eriostachya</i> , <i>N. floccosa</i> , <i>N. glutinosa</i> , <i>N. leucophylla</i> , <i>Pedicularis pectinata</i> , <i>Phlomis bracteosa</i> , <i>Physochlaena praealta</i> , <i>Plantago himalaica</i> , <i>Polygonum somdevae</i> , <i>P. vacciniifolium</i> , <i>Rheum webbianum</i> , <i>Rhodiola heterodonta</i> , <i>Rosularia adenotricha</i> , <i>Scutellaria prostrata</i> , <i>Senecio graciliflorus</i> , <i>Silene moorcroftiana</i> , <i>Stellaria patens</i> , <i>Swertia petiolata</i> , <i>Veronica koelzii</i> , <i>Picea smithiana</i> , <i>Pinus wallichiana</i> , <i>Cotoneaster duthieanus</i> , <i>Lonicera obovata</i> , <i>Salix denticulata</i> , <i>Spiraea canescens</i> , <i>Syringa emodi</i>

## Продолжение таблицы 4.

Статус охраны	Распределение видов по статусу охраны
Виды под угрозой исчезновения	<i>Aconitum heterophyllum</i> , <i>Betula utilis</i> , <i>Physochlaena praealta</i> , <i>Rheum webbianum</i> , <i>Saussurea roylei</i>
Уязвимые виды	<i>Arnebia euchroma</i> , <i>Bergenia stracheyi</i> , <i>Bunium persicum</i> , <i>Codonopsis clematidea</i> , <i>Corydalis govaniana</i> , <i>Ephedra gerardiana</i> , <i>Eremurus himalaicus</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>H. salicifolia</i> , <i>Hyoscyamus niger</i> , <i>Meconopsis aculeata</i> , <i>Rhododendron anthopogon</i> , <i>Ribes glaciale</i> , <i>Picrorhiza kurrooa</i> , <i>Rheum australe</i> , <i>Saussurea albescens</i> , <i>S. deltoidea</i> , <i>Spiraea canescens</i> , <i>Syringa emodi</i> , <i>Swertia petiolata</i>
Виды, близкие к статусу «под угрозой исчезновения»	<i>Arctium lappa</i> , <i>Artemisia maritima</i> , <i>A. minor</i> , <i>Bupleurum falcatum</i> , <i>B. lanceolatum</i> , <i>Chaerophyllum villosum</i> , <i>Codonopsis rotundifolia</i> , <i>Cremanthodium decaisnei</i> , <i>Cystopteris montana</i> , <i>Diplocyclos palmatus</i> , <i>Erophila verna</i> , <i>Carum carvi</i> , <i>Hedysarum cachemirianum</i> , <i>Heracleum candicans</i> , <i>H. thomsonii</i> , <i>Hyssopus</i>
Виды, близкие к статусу «под угрозой исчезновения»	<i>officinalis</i> , <i>Indigofera heterantha</i> , <i>Malaxis muscifera</i> , <i>Morina coulteriana</i> , <i>Rhodiola heterodonta</i> , <i>Pedicularis pectinata</i> , <i>Picea smithiana</i> , <i>Pinus wallichiana</i> , <i>Salix flagellaris</i> , <i>Rosularia adenotricha</i> , <i>Rubus foliolosus</i> , <i>Silene moorcroftiana</i> , <i>S. viscosa</i> , <i>Stellaria patans</i> , <i>Veronica koelzii</i>
Тип использования	Распределение видов по экономическому использованию
Медицина	<i>Aconitum heterophyllum</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Arctium lappa</i> , <i>Arnebia euchroma</i> , <i>Artemisia maritima</i> , <i>Bergenia stracheyi</i> , <i>Bunium persicum</i> , <i>Corydalis govaniana</i> , <i>Ephedra gerardiana</i> , <i>Heracleum candicans</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>H. salicifolia</i> , <i>Hyssopus officinalis</i> , <i>Meconopsis aculeata</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Picrorhiza kurrooa</i> , <i>Rheum australe</i> , <i>Rhodiola heterodonta</i> , <i>Saussurea costus</i> , <i>Thymus linearis</i>
На корм скоту	<i>Agrostis griffithiana</i> , <i>A. munroana</i> , <i>A. pilosula</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Bothriochloa ischaemum</i> , <i>Brachypodium sylvaticum</i> , <i>Bromus pectinatus</i> , <i>B. tectorum</i> , <i>Calamagrostis holciformis</i> , <i>C. scabrescens</i> , <i>Carex setosa</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Danthonia schneideri</i> , <i>Eragrostis minor</i> , <i>E. pilosa</i> , <i>Poa koelzii</i> , <i>P. lahulensis</i> , <i>P. pratensis</i> , <i>Silene edgeworthii</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>H. salicifolia</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Lonicera obovata</i> , <i>L. quinquelocularis</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>T. repens</i> , <i>Salix denticulata</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>S. dephnoides</i>
Съедобные	<i>Bunium persicum</i> , <i>Carum carvi</i> , <i>Eremurus himalaicus</i> , <i>Fragaria vesca</i> var. <i>nubicola</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>H. salicifolia</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Rheum australe</i> , <i>R. webbianum</i> , <i>Urtica dioica</i>
В религиозных целях	<i>Achillea millefolium</i> , <i>Arctium lappa</i> , <i>Artemisia biennis</i> , <i>A. maritima</i> , <i>Arnebia euchroma</i> , <i>Betula utilis</i> , <i>Hyoscyamus niger</i> , <i>Lonicera quinquelocularis</i> , <i>Physochlaena praealta</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Juniperus polycarpus</i>
На растопку	<i>Betula utilis</i> , <i>Juniperus polycarpus</i> , <i>J. communis</i> , <i>Picea smithiana</i> , <i>Pinus wallichiana</i> , <i>Cotoneaster obovatus</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>H. salicifolia</i> , <i>Lonicera obovata</i> , <i>Salix denticulata</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>S. flagellaris</i> , <i>S. oxycarpa</i> , <i>S. pycnostachya</i>
В строительстве	<i>Cedrus deodara</i> , <i>Juniperus polycarpus</i> , <i>Picea smithiana</i> , <i>Pinus wallichiana</i> , <i>Hippophae salicifolia</i>
В сельском хозяйстве	<i>Betula utilis</i> , <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>H. salicifolia</i> , <i>Juniperus polycarpus</i> , <i>Cotoneaster obovatus</i> , <i>Salix fragilis</i>

*J. polycarpus* предпочитает соседство с лесными засухо- и морозоустойчивыми видами. Следовательно, в чистом сообществе вид показал обильный рост по сухим склонам (плотность роста 636 шт./га, площадь ствола – 24.01 м<sup>2</sup>/га) и в валунистых (430 шт./га, 14.38 м<sup>2</sup>/га) местообитаниях (табл. 2).

В случае смешанных сообществ доминировали деградировавшие местообитания с рано появившимся *J. polycarpus* (IVI – 60.82, плотность – 160 шт./га, площадь – 4.27 м<sup>2</sup>/га) и валунистые с участием взрослых деревьев (68.96, 150 шт./га, 8.55 м<sup>2</sup>/га; табл. 2). Также *J. polycarpus* продемонстрировал максимальную плотность роста деревьев (283 шт./га) в смешанном сообществе *J. polycarpus*–*C. deodara* в Удайпуре, условия которого подходят для его произрастания; и хорошую связь с *Picea smithiana* в Бихади, с максимальной площадью ствола у основания (37.61 м<sup>2</sup>/га; табл. 3). В Муулинге и Трилокинате он замечен с *Pinus wallichiana*. Максимальная средняя плотность роста молодняка и подроста – в сухих местообитаниях, что объясняется сукцессиями, южной экспозицией с максимумом солнечных часов и подходящими микроклиматическими условиями (Singh, 2007). Достаточное возобновление из семян в некоторых местообитаниях (по сухим склонам, каменистым и деградировавшим) указывает на то, что эти леса выживут в условиях климатических изменений. Наличие возобновления обусловлено прерыванием покоя семян естественной стратификацией, как это происходит и в Пакистане (Mohammad, Ataullah, 1992). Семена начинают прорасти после поглощения и последующего выделения местными птицами, такими как желтоклювая альпийская галка (*Pyrrhocorax graculus*; местное название – «Chang», не находится под угрозой) и красноклювая альпийская галка (*Pyrrhocorex pyrrhocorex*; местное название – «Chang», не находится под угрозой) в зимние месяцы.

Меньшая плотность роста наблюдалась в сухой умеренной нижней высотной зоне (<3100 м н.у.м) в смешанных сообществах; максимальная – в средней (3100-3500 м н.у.м.) в чистом сообществе *J. polycarpus*. В альпийской зоне (>3500 м н.у.м.) развитие растений было слабым, а тренд плотности их роста и площади стволов – нисходящим. Распространение *J. polycarpus* при благоприятных условиях по сухим склонам и на валунистых местообитаниях и выше границы произрастания лесов указывает на влияние стремительных климатических изменений (Bolch et al., 2012).

Количественная оценка топливных ресурсов в верхней высотной зоне Гималаев ограничилась только несколькими видами (Samant et al., 2000a). В среде холодных пустынь высока необходимость в дереве на растопку, и *J. polycarpus* является одним из самых востребованных видов. Его древесина считается не очень подходящей для строительства, однако люди всё равно используют его в отсутствие альтернатив. Во многих местах (Стингри, Камринг, Мууринг, Кейланг) была обнаружена угроза высыхания из-за нападения паразита *Arceuthobium oxycedri* на ветки *J. polycarpus*. Для эффективного контроля ситуации рекомендуется своевременное удаление паразитов с веток.

В сообществе *J. polycarpus* обнаружено 198 экономически значимых и 57 видов растений, находящихся под угрозой исчезновения, что требует должного мониторинга для тренда выборки, адаптивной биологии и их дальнейшего распространения. Мы зарегистрировали достаточное разнообразие сопутствующих местных и эндемических видов.

*Благодарности.* Авторы хотят поблагодарить директоров G.V. Pant National Institute of Himalayan Environment & Sustainable Development (Национальный институт окружающей среды и стабильного развития Гималаев им. Г.Б. Панта) и The Council of Scientific & Industrial Research of Institute of Himalayan Bioresource Technology (Совет научных и промышленных исследований Института технологий биоресурсов Гималаев) за предоставление необходимого оборудования. Мы выражаем благодарность за помощь доктору Л. Манохару и Ministry of Environment, Forest and Climate Change (Министерству окружающей среды и лесного хозяйства Индии; письмо № 08/27/04-CS/BR; 27.06.2005) за финансовую поддержку.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Allen S.E. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 565 p.
- Anonymous. 1895. Index Kewensis Plantarum Phanerogamarum. Vol 1-2.15 Suppl. Oxford: Clarendon Press. Vol. 1. 1268 p.; Vol. 2. 1299 p.
- Aswal B.S., Mehrotra B.N. 1994. Flora of Lahaul-Spiti (a Cold Desert in North-West Himalaya). Bishen Singh and Mahendra Pal Singh, Dehradun. 761 p.
- Bolch T., Kulkarni A., Kaab A., Huggel C., Paul F., Cogley J.G., Frey H., Kargel J.S., Fujita K., Scheel M., Bajracharya S., Stoffel M. 2012. The state and fate of Himalayan Glaciers // Science. Vol. 336 (6079). P. 310-314.
- Connel J.H., Orias E. 1964. The ecological regulation of species diversity // The Magazine of the American Museum of Natural History. Vol. 48. P. 399-414.

- Curtis J.T., McIntosh R.P. 1950. The interrelation of certain analytic and phytosociological character // Ecology. Vol. 31. P. 434-455.
- Dhar U., Samant S.S. 1993. Endemic diversity of Indian Himalaya. Ranunculaceae and Paeoneaceae // Journal of Biogeography. Vol. 20. P. 659-668.
- Fischer A.G. 1960. Latitudinal variation in organic diversity // Evolution. Vol. 14. P. 64-81.
- Kachroo P., Sapru B.L., Dhar U. 2002. Flora of Ladakh: An Ecological and Taxonomical Appraisal. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehradun, India. 172 p.
- Milos E., Pipinis E., Petrou P., Akritidou S., Smiris P., Aslenidou M. 2007. Structure and regeneration patterns of the *Juniperus excelsa* Bieb. Stands in the Central part of the Nestos valley in the northeast of Greece, in the context of anthropogenic disturbances and nurse plant facilitation // Ecological Researches. Vol. 22. P. 713-723.
- Mohammad K., Ataullah K.R. 1992. Woody plant seed manual (Pakistan). 131 p.
- Moinuddin A., Shahid A., Buzdar S.S., Hafeez A. 1990. Population structure and dynamics of *Juniperus excelsa* in Balochistan Pakistan // Journal of Vegetation Science. Vol. 1. No. 2. P. 271-276.
- Muller-Dombois D., Ellenberge H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York: John Wiley and Sons. 547 p.
- Murti S.K. 2001. Flora of Cold Deserts of Western Himalaya // Botanical Survey of India. Vol. I. India, Calcutta. 452 p.
- Pandey C.B. 1993-2007. Working plan for Lahaul Forest Division, Department of Forest Farming and Conservation. Himachal Pradesh. 183 p.
- Polunin O., Stainton A. 1984. Flowers of the Himalaya. Oxford: Oxford University Press. 580 p.
- Rana M.S., Samant S.S. 2010. Threat categorisation and conservation prioritization of floristic diversity in the Indian Himalayan region: A state of art approach from Manali Wildlife Sanctuary // Journal of Nature Conservation. Vol. 18. P. 159-168.
- Sahani K.C. 1990. Gymnosperms of India and Adjacent Countries. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehradun, India. 169 p.
- Samant S.S., Dhar U. 1997. Diversity, endemism and economic potential of wild edible plants of Indian Himalaya, India // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. Vol. 4. P. 179-191.
- Samant S.S., Dhar U., Rawal R.S. 2000b. Assessment of fuel resources diversity and utilization pattern in Askot Wildlife Sanctuary in Kumaun Himalaya, India, for conservation & Management // Environment Conservation. Vol. 27. No. 1. P. 5-13.
- Samant S.S., Joshi H.C., Arya S.C. 2000a. Diversity, nativity and endemism of vascular plants in Pindari area of Nanda Devi Biosphere Reserve-II // Himalayan Biosphere Researches. Vol. 2 (1&2). P. 1-29.
- Samant S.S., Joshi H.C., Arya S.C., Pant S. 2002. Studies on the structure, composition and changes of the vegetation in Nanda Devi Biosphere Reserve of west Himalaya. FTR submitted to MOE&F, New Delhi, India. P. 878-890.
- Samant S.S., Pant S., Singh M., Lal M., Singh A., Sharma A., Bhandari S. 2007. Medicinal plants in Himachal Pradesh, northwestern Himalaya, India // International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management. Vol. 3. P. 234-251.
- Sarangzai A.M., Ahmed M., Ahmed A., Leghari S.K., Umerjan S. 2012. Juniper forests of Baluchistan: A brief review // FUUAST Journal of Biology. Vol. 2. No. 1. P. 1-79.
- Shannon C.E., Wiener W. 1963. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press. 144 p.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity // Nature. Vol. 163. No. 688. P. 163.
- Singh A. 2007. Assessment of plant diversity and conservation status of forest vegetation in a Cold Desert Biosphere Reserve of the Western Himalaya. Ph.D. Thesis submitted to Kumaun University Nainital, India. 97 p.
- Singh A., Lal M., Samant S.S. 2009. Diversity, Indigenous uses and conservation prioritization of medicinal plants in Lahaul valley, proposed Cold Desert Biosphere Reserve, India // International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management. Vol. 5. No. 3. P. 132-154.
- Singh A., Samant S.S. 2010. Conservation prioritization of habitats and forest communities in the Lahaul valley of proposed Cold Desert Biosphere Reserve, North Western Himalaya, India // Applied Ecology and Environmental Research. Vol. 18. No. 2. P. 101-117.