

УДК 58.02:58.03+582.47+(235.222)

С.А. Николаева, Е.О. Филимонова, М.Н. Диркс

S.A. Nikolaeva, E.O. Filimonova., M.N. Dirks

РЕАКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА СХОД СЕЛЕЙ И ЛАВИН В ГОРНО-ЛЕДНИКОВОМ БАССЕЙНЕ АКТРУ

RESPONSE OF VEGETATION ON DEBRIS FLOWS AND AVALANCHES IN THE MOUNTAIN GLACIAL BASIN AKTRU

Рассмотрены особенности реакции растительности на сход селей и лавин в горно-ледниковом бассейне Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай). На участках склонов, подвергавшихся и не подвергавшихся воздействию лавин и селей, проанализированы флористический состав растительных сообществ, а также виды и степень повреждений деревьев *Pinus sibirica* Du Tour.

Высокогорья Центрального Алтая характеризуются высокой селевой и лавинной активностью и значительной их мощностью. Но регулярных наблюдений за этими процессами крайне мало. Характерными особенностями их деятельности являются круглогодичный период лавинной опасности, сильная изменчивость частоты схода лавин и селей по годам (Кравцова, 1971; Душкин, 1974; Ревякин, Кравцова, 1974; Виноградов, 1981 и др.).

Высокогорные сообщества являются одним из чутких индикаторов природных процессов и явлений. Комплексные эколого-биологические исследования растительных сообществ в горно-ледниковом бассейне Актру (северный макросклон Северо-Чуйского хребта, Центральный Алтай) являются составной частью исследований ИМКЭС СО РАН региональных особенностей реакции экосистем на изменения среды и климата.

Задача исследования – показать особенности реакции растительности на сход селей и лавин в горно-ледниковом бассейне (ГЛБ) Актру.

ГЛБ Актру (50°05' с.ш., 87°45' в.д.) общей площадью около 40 км² характеризуется значительными абсолютными высотами (максимальная 4070 м), расположением хребта на пути влагонасыщенных воздушных масс, большим массивом оледенения и активным протеканием обвально-осыпных процессов. Борта долины в приледниковой зоне различны по крутизне: правый (западно-северо-западный) – до 70°, левый (восточно-юго-восточный) – 25–40°. Склоны различаются ветровым, температурным, влажностным и другими режимами. По правому борту лавиносоры средней величины. Здесь получили развитие лотковые лавины, которые сходят часто. По левому борту лавиносоры большой величины, но крупные лавины сходят относительно редко (Тронов, 1973; Душкин, 1974 и др.).

В качестве объектов исследования были выбраны ценопопуляции кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), произрастающие по периферии ложбин временных водотоков и осыпей, т. е. в области воздействия лавин и селей. Кроме того, был описан флористический состав растительности в зонах транзита и аккумуляции одного из селевых бассейнов. Верхняя часть лесного пояса и лесотундровый экотон охвачены сетью постоянных пробных площадей (ПП). В данной работе использованы шесть ПП, заложенных в лесотундровом экотоне на высотах 2200–2360 м над ур. м. (табл. 1). Здесь представлен в основном кедр сибирский, а лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) встречается единично.

Для анализа механических повреждений деревьев, образующихся при прохождении лавин и селей, использованы данные с четырех ПП. По левому борту долины заложены две ПП. ПП № 16 расположена наиболее близко к ледникам (около 2 км до Малого Актру). Здесь группа деревьев растет вдоль временного водотока с подветренной северной стороны недалеко от границы с сомкнутым лесом. На 80–90 м выше по абсолютной высоте имеются выходы скал. На этом участке лавины не распространены, но возможны камнепады. Сообщество – кедровое можжевельниково-разнотравно-осочково-вейниковое¹. ПП № 23 расположена вблизи крупных плоских полузаросших камней. Здесь на склоне крутые участки (40–50°) чередуются с пологими (15–25°). На пологих участках происходит снижение скорости или остановка лавины при ее сходе. Группа растет вдоль временного водотока с наветренной южной стороны. Выше нее вверх по склону встре-

1 Описание флористического состава сообществ на ПП № 16 и 23 сделаны д.б.н. Е.Е. Тимошок.

Таблица 1

Краткая характеристика пробных площадей

№ ПП	Экспозиция, высота, м. над ур.м.	Крутизна склона, °	Степень воздействия	Характеристика древесного яруса			
				состав по числу стволов	N, экз./га	H, м	D ₀ , см
16	ВЮВ 2235	30–35	слабая	10К+Лц	575	5,5	17,6
23	ВЮВ 2265	35–40	сильная	10К	575	5,2	17,5
14	ЗСЗ 2240	35–40	слабая	3Лц7К	475	4,0	13,3
32	ЗСЗ 2360	35–40	сильная	10К	900	4,1	15,6
Л-1	ВЮВ 2210	20–25	слабая	–	–	–	–
С-2	ВЮВ 2200–2220	15–20	сильная	(К, Лц)	ед.	–	–

N – плотность, H – высота и D₀ – диаметр в основании ствола деревьев кедра.

чаются единичные экземпляры кедр. Сообщество – кедровое разнотравно-вейниковое. По правому борту долины заложено две ПП на участке между двумя крупными осыпями, доходящими до поймы. Эти осыпи в районе ПП являются зонами транзита материала при сходе лавин и селей. ПП № 14 расположена в небольшом понижении. В микрорельефе отмечены крупные заросшие камни, поваленные стволы старых деревьев. Сообщество – лиственнично-кедровое бруснично-баданово-зеленомошное. ПП № 32 расположена выше предыдущей ПП на 120 м по абсолютной высоте. Здесь группа деревьев прижата к скальному выступу и с одной стороны примыкает к фронтальной части осыпи. Сообщество – кедровое разнотравно-дриадовое. Еще выше кедр встречается одиночно или формирует небольшие кулисы из кустовидных особей вдоль фронтальной части осыпи.

Для анализа флористического состава сообществ использованы данные двух ПП в районе одного из селевых бассейнов левого борта долины. ПП № Л-1 расположена на склоне вдоль временного водотока. Сообщество – разнотравно-кизильниковый лесной луг. ПП № С-2 располагается в русле временного водотока, в нижней части транзитной зоны и зоны аккумуляции селей и лавин. Сообщество – кустарниково-разнотравное.

Фитоиндикация лавинной и селевой деятельности во многом сходна. Она основана на анализе распределения растительных сообществ, на изучении сукцессий растительности, на выявлении и датировке механических повреждений в надземных частях деревьев и кустарников, на определении максимального возраста накипных лишайников. (Горчаковский, Шиятов, 1985; Schweingruber, 1996). Последствия схода селей и лавин мы определяли по механическим повреждениям деревьев. Для этого были выделены виды и степень повреждения деревьев кедр (рис. 1, табл. 2). Среди них особо отмечались повреждения, вызванные механическим уничтожением его надземных частей. Кроме того, был проведен анализ флористических списков лесного луга верхней части лесного пояса и сообщества, сформировавшегося в области транзита и аккумуляции лавин и селей одного из селевых бассейнов: по экологическим группам (Куминова, 1960) и по группам жизненных форм (Серебряков, 1962, 1964). Проведена оценка увлажнения и трофности местообитаний с использованием экологических шкал (Цаценкин, 1967).

Влияние лавин на внешний облик растительности в ГЛБ Актру проявляется в основном в (1) наличии сломанных деревьев, завалов и заломов, (2) фестончатом рисунке верхней границы леса и (3) уничтожении леса на пути схода лавин и замене его травянистой растительностью (Кравцова, 1971). В приледниковой зоне выделено около 20 крупных осыпей – мест схода лавин (Титова, Петкевич, 1964; Душкин, 1974). В лавинной деятельности дендрохронологическим методом были установлены полувековые периоды ее активизации (1860–1912 гг.) и ослабления (1814–1859 и 1913–1956 гг.). В погодичной динамике на левом склоне долины в районе лавинного конуса, расположенного недалеко от ледника, воздействие было зафиксировано в 1948, 1952, 1954, 1958 и 1966 гг. (Кравцова, 1971).

Влияние селей на внешний облик растительности сходно с влиянием лавин (Горчаковский, Шиятов, 1985). В ГЛБ Актру выделено 17 селевых очагов (Виноградов, 1981). Сели нередко имеют те же каналы схода, что и лавины, поэтому отделить влияние селя на растительность от влияния лавины зачастую затруднительно. Систематические наблюдения за селевой активностью в этом бассейне отсутствуют. По левому борту долины в районе географической станции Томского государственного университета описан сход селя в июне 1984 г. (Барашкова и др., 1986). Он четко фиксируется по механическим повреждениям и в годичных

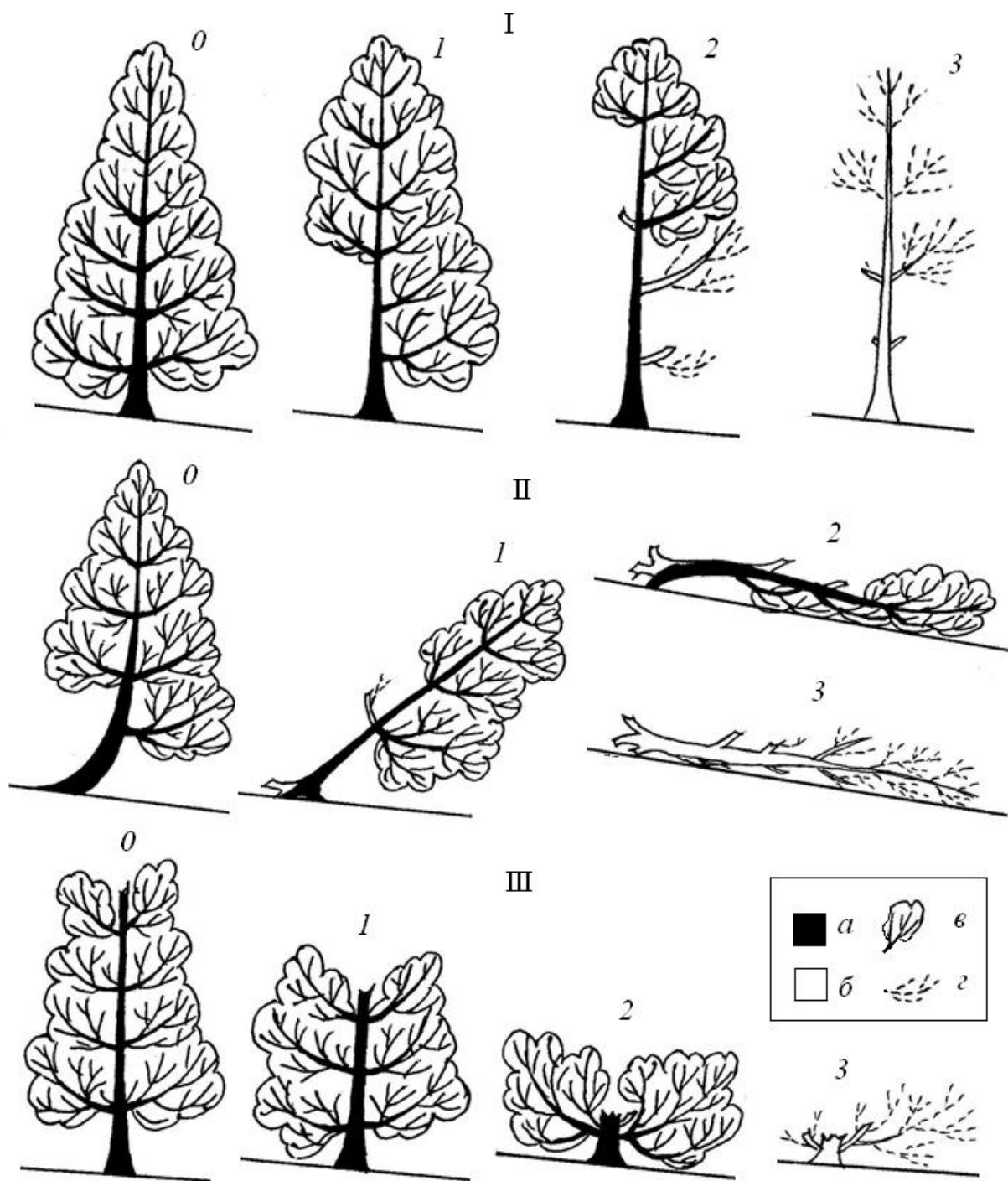


Рис. 1. Механические повреждения кедра сибирского в лесотундровом экотоне горно-ледникового бассейна Актру. Древесина ствола и крупных ветвей: а – живая, б – погибшая; ветви: в – живые, г – усохшие. Категории повреждений: I–III – вид, 0–3 – степень (см. табл. 2).

кольцах деревьев, произраставших на его пути (Николаева, Савчук, 2013). По правому борту долины зафиксирован сход селей в июле 2012 г., которые практически не затронули древостой верхней части лесного пояса, но частично повредили деревья и кустарники лесотундрового экотона.

На участках, слабо подвергающихся воздействию лавин и селей (ПП № 16 и 14), большая часть особей кедра представлена прямостоячими деревьями с одним или несколькими стволами. Преобладают (48–73 % от общего количества) деревья со слабой и средней степенью повреждения кроны (рис. 1 I, 0–1, рис. 2А I, 0–1). Асимметричность крон у деревьев в этих условиях формируется в основном вследствие влияния ледниковых ветров, особенно по левому борту долины. Гибель отдельных деревьев (рис. 2А I, 3) происходит в основном из-за постепенного усыхания поврежденных ветвей кроны (рис. 1 I, 1–2). У 13–26 % деревьев

Таблица 2

Виды и степень повреждений деревьев кедр

Вид повреждения	Степень повреждения				погибшие
	0	1	2	3	
I – повреждения кроны (облом ветвей)	незначительное повреждение ветвей	повреждения до ½ части ветвей кроны	повреждения более ½ части кроны		
II – повреждения нижней части ствола и корней	изгиб ствола в основании	наклон ствола до 45°	особь нависает или прижата к земле		
III – облом части ствола	облом верхушки	облом до ½ части ствола	сбито более ½ части ствола		

имеются искривления в основании ствола (рис. 1 II, рис. 2А II, 0). Деревья с вывернутыми и сломанными стволами встречены только по правому борту долины (рис. 1 II–III 1–2, рис. 2Аб II–III, 1–2).

На участках, подвергающихся воздействию лавин и селей (ПП № 23 и 32), доля прямостоячих деревьев с незначительными и средними повреждениями кроны по сравнению с вышеописанными участками снижается до 33–39 % (рис. 2Б I, 0–1), а деревьев с искривлениями ствола остается на том же уровне – 14–17 % (рис. 2Б II, 0). Доля сильно наклоненных и поваленных живых деревьев и деревьев со сломанными на разной высоте стволами увеличивается до 17–22 % (рис. 2Б II–III, 1–2), а погибших деревьев всех категорий резко возрастает до 22–27 % (рис. 2Б I–III, 3).

Таким образом, наибольшее количество механических повреждений (наклоненные и вывалившиеся деревья, обломы стволов и ветвей кроны) и погибших деревьев наблюдается на фронтальных участках схода лавин и селей – зон транзита (ПП № 32) и аккумуляции (ПП № 23). Мы предполагаем, что на нелавиноопасных участках изгиб ствола в его основании чаще образуется в результате гибели верхушечного побега в молодом возрасте от снеговой корразии и замещении его на боковой. А на лавиноопасных участках изгибания основания ствола чаще связаны с гибелью верхушечного побега при его механическом обломе или формированием креновой древесины под давлением скатившихся вниз по склону валунов.

Другие виды повреждений зависят не только от типа лавины или селя, но и от состояния грунтов. Деревья чаще вываливаются, когда грунт не промерзший, и в основном ломаются, когда грунт промерзший и лучше удерживает корневые системы деревьев (Урумбаев, 1971 по Горчаковский, Шиятов, 1985). Можно

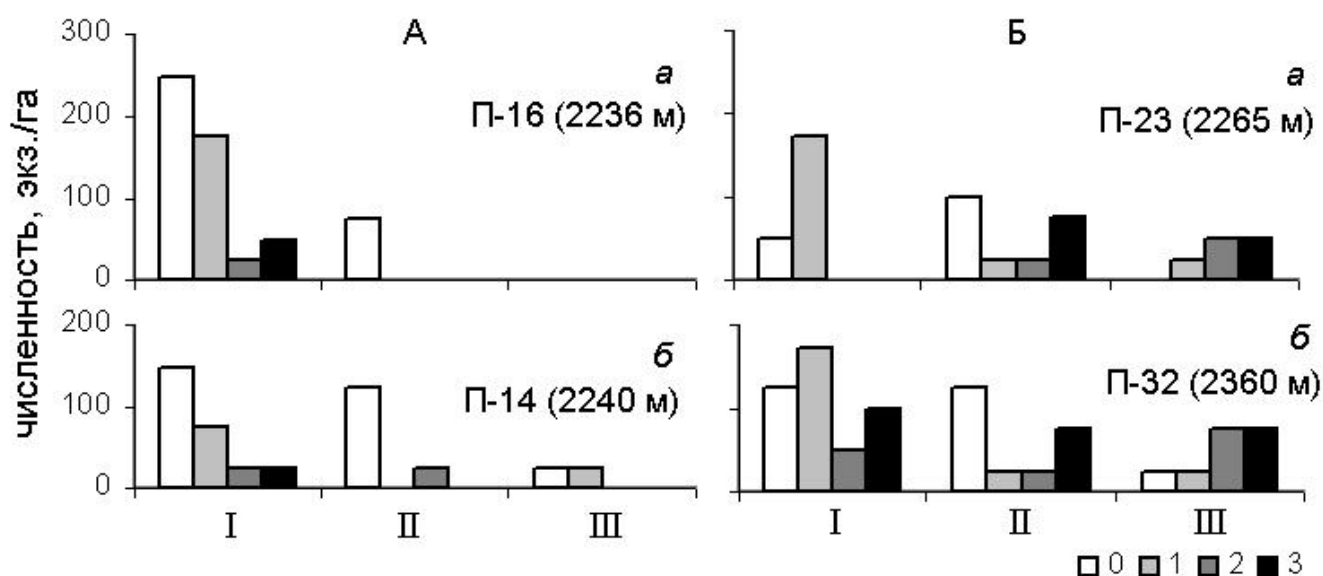


Рис. 2. Распределение особей по видам (I–III) и степени (0–3) повреждений в ценопопуляциях кедр сибирского на левом (а) и правом (б) бортах долины р. Актру. Степень влияния селей и лавин на деревья: А – слабая, Б – сильная. Около каждого графика № ПП и абс. высота. Остальные обозначения см. табл. 2.

предположить, что лавины, которые сходят в зимне-весенний период, чаще ломают, а сели, которые сходят в весенне-летний период, и ломают, и выворачивают небольшие по размерам деревья. Наличие и сломанных, и вывалившихся деревьев на одних и тех же участках подтверждает, что лавины и сели часто сходят по одним и тем же каналам.

На облесенных склонах при прохождении лавин в зимне-весенний период повреждаются в основном деревья, а нижние яруса леса сохраняются, поскольку находятся в это время под снегом. После прохождения селей в весенне-летний период, которые несут с собой твердый материал, в зонах аккумуляции растения начинают заселять поверхность нового субстрата заново. К сожалению, мы не нашли описаний растительности на таких участках, но обнаружили списки некоторых видов, растущих в зоне аккумуляции, которые отражают реакцию луговой и остепненной растительности безлесных склонов хребтов Центрального Алтая на сход лавин (Ревякин, Кравцова, 1977). На таких участках, по сравнению с окружающими склонами, повышается доля участия мезо-, психро- и гигрофитных растений.

Границы обследованной нами нижней части селевого бассейна (нижняя часть зоны транзита и зона аккумуляции) четко выделяются на окружающем фоне по комплексу пятен и полос растительности, перемежающихся с открытыми каменистыми и мелкоземисто-щебнистыми участками. Общее проективное покрытие растительности на «селе» немного ниже (55–60 %), по сравнению с расположенным рядом лесным лугом (80–85 %). Несмотря на неполную сформированность растительности на участках, где прошел сель, она характеризуется довольно большим видовым разнообразием сосудистых растений (65 вида), сравнимым с фитоценозом луга (67 видов). Сравнение флористических списков «селя» и луга показало, что преобладающие семейства в них одни и те же – Asteraceae, Ranunculaceae, Caryophyllaceae. Но сходство их видового состава – низкое (коэффициент Жаккара – 0,25).

Расчет по экологическим шкалам показал, что местообитания «селя» и луга близки по увлажнению (ступени 60 и 60,3 соответственно) и трофности (ступени 10,6 и 10,7), что соответствует сухим и свежим лугам с довольно богатыми почвами. По сравнению с местообитаниями кедра в лесотундровом экотоне по этим же показателям – 63–69,6 и 6,8–9,5 (Тимошок и др., 2012) – их местообитания немного суше и богаче.

Большое сходство «селя» и луга по большинству вышеперечисленных показателей указывает, по-видимому, на то, что участки «селя» заселены растительностью относительно давно, а его субстрат отличается достаточной стабильностью. Значительная селевая активность в этом бассейне, скорее всего, была в то же время, когда в соседнем селевом бассейне в 1984 г. сошел мощный сель, прошедший через лесной массив в районе географической станции и достигший поймы реки, т. е. около 30 лет назад.

Анализ экологических групп растений показал, что преобладающей среди них в списках «селя» и луга являются мезофиты. Флористический список «селя» отличается от луга большей долей (38,5 и 13,4 % соответственно) психрофитных и петрофитных (психрофиты, мезопетрофиты, психрофиты-петрофиты, ксеропетрофиты) и меньшей (66,1 и 80,6 %) – ксерофитных и мезофитных (ксерофиты, мезофиты, мезоксерофиты, мезопсихрофиты) видов (рис. 3).

Такое распределение по экологическим группам указывает на то, что местообитание «селя» является более холодными и каменистыми по сравнению с таковым луга. Более высокая каменистость субстрата вызвана накоплением мелко- и среднеобломочного материала, приносимого сверху в основном во время прохождения селей и лавин. А большая «холодность» этого местообитания, скорее всего, вызвана поступлением сюда воды с вышерасположенных участков. Она образуется по большей части при таянии снега и имеет более низкую температуру, чем температура грунтов местообитания «селя», и оказывает на него охлаждающее влияние.

Анализ жизненных форм растений показал, что во флористических списках как «селя», так и луга абсолютно преобладают поликарпические травы (75,0 и 88,1% соответственно), а среди последних длинно- и короткочерешчатые, стержнекорневые (рис. 4, 5–7). Но в списке «селя» отмечена большая доля (25,1 и 9,0% соответственно) древесных и полудревесных видов (лесные, тундровые, виды галечников), а среди травянистых видов несколько выше доля луковичных и корнеотпрысковых (11,0 и 3,0 %) (рис. 4, 1–4 и 12–13). Такое распределение связано с тем, что поселение и приживание особей этих видов в местообитании «селя» существенно облегчается по сравнению с лугом в связи с наличием свободного субстрата в первые годы после прохождения селя и более низкой его задернованностью в дальнейшем.

Таким образом, при исследовании влияния селей и лавин на растительность были выявлены и систематизированы механические повреждения (виды и степень) деревьев кедров сибирского, что в дальнейшем можно использовать для индикации типов лавин и селей. В горно-ледниковом бассейне Актру (Централь-

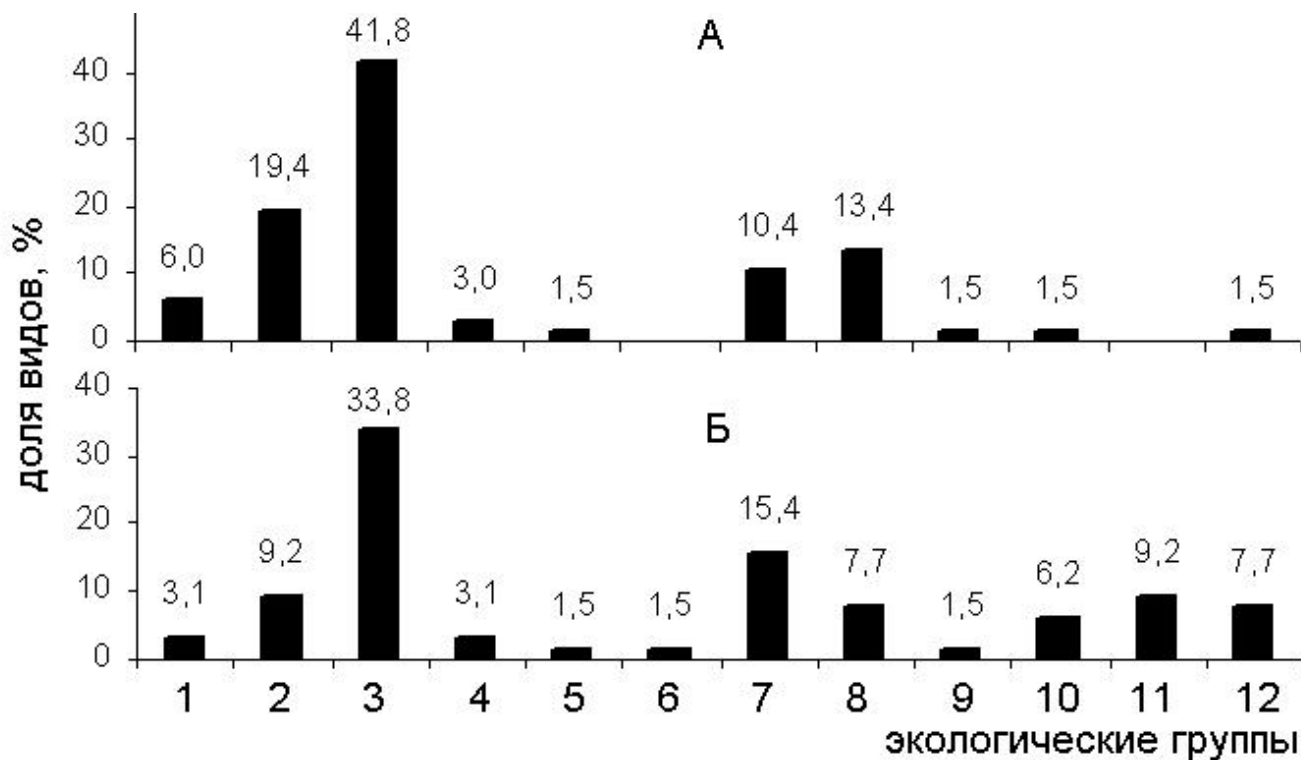


Рис. 3. Распределение видов сосудистых растений по экологическим группам местообитаний луга (А) и «селя» (Б). 1 – ксерофиты, 2 – мезоксерофиты, 3 – мезофиты, 4 – мезоигрофиты, 5 – гигрофиты, 6 – ксероигрофиты, 7 – психрофиты, 8 – мезопсихрофиты, 9 – гигропсихрофиты, 10 – ксеропетрофиты, 11 – мезопетрофиты, 12 – психропетрофиты.

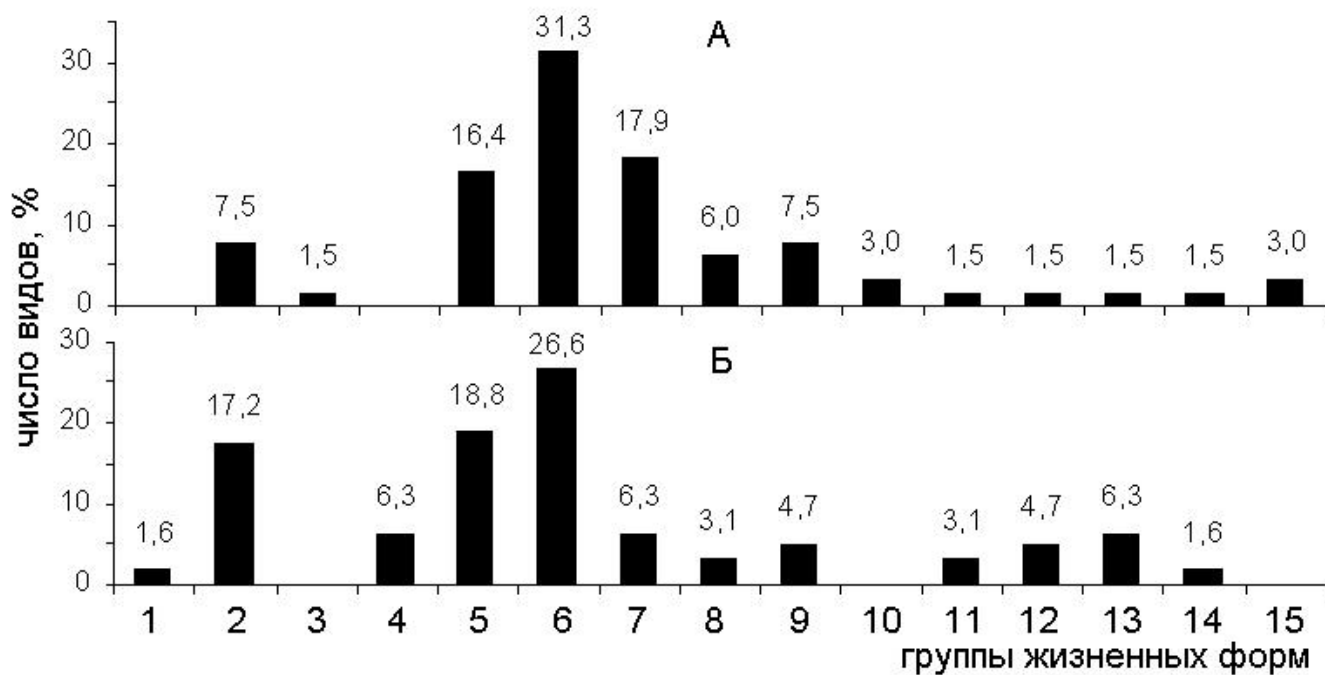


Рис. 4. Распределение видов сосудистых растений по жизненным формам местообитаний луга (А) и «селя» (Б). 1 – деревья, 2 – кустарники, 3 – кустарнички, 4 – полукустарнички; 5 – стержнекорневые, 6 – короткокорневищные, 7 – длиннокорневищные, 8 – кистеконовые; 9 – плотнокустовые, 10 – рыхлокустовые, 11 – клубневые, 12 – луковичные, 13 – корнеотпрысковые, 14 – сукулентно-лиственные, 15 – однолетники.

ный Алтай) наличие и сломанных, и вывалившихся деревьев на одних и тех же обследованных участках склонов показывает, что они подвергались воздействию, скорее всего, селей и лавин.

Сравнение видового состава сообществ нижней части селевого бассейна и луга показало, что их местообитания при близком флористическом разнообразии и проективном покрытии существенно различаются по составу видов. Поэтому предполагается, что в этом бассейне достаточно давно не было селя. При этом обследованные участки этого бассейна близки по увлажнению и трофности с местообитанием лесного луга, но отличаются более холодным и каменистым субстратом и меньшей задернованностью.

ЛИТЕРАТУРА

- Барашкова Н.К., Королева Т.В., Шмыглева Г.М.** Условия схода селя в долине р. Актру в Горном Алтае 24 июня 1984 г. // Материалы гляциологических исследований. – М.: Ин-т геогр. АН СССР, 1986. – Вып. 56. – С. 121–124.
- Виноградов В.А.** Сели Чуйских белков (Горный Алтай) // Тр. ЗСРНИГМИ, 1981. – Вып. 51. – С. 87–92.
- Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г.** Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. – М.: Наука, 1985. – 209 с.
- Душкин М.А.** Лавины в верховьях долины Актру // Гляциология Алтая. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1974. – Вып. 8. – С. 39–59.
- Кравцова В.И.** Особенности режима лавинной деятельности на Алтае по данным дендрохронологических наблюдений // Фитоиндикационные методы в гляциологии. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1971. – С. 103–123.
- Куминова А.В.** Растительный покров Алтая. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. – 450 с.
- Николаева С.А., Савчук Д.А.** Кедр сибирский как индикатор обвальнo-осыпных процессов на Северо-Чуйском хребте // Интеграция ботанических исследований и образования: традиции и перспективы: Труды Межд. науч.-практ. конф. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2013. – С. 137–144.
- Ревякин В.С., Кравцова В.И.** Снежный покров и лавины Алтая. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1977. – 215 с.
- Серебряков И.Г.** Жизненные формы растений и их изучение // Полевая геоботаника. – М.-Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – С. 146–205.
- Серебряков И.Г.** Экологическая морфология растений. – М.: Высшая школа, 1962. – 377 с.
- Тимошок Е.Е., Скороходов С.Н., Тимошок Е.Н.** Эколого-ценотическая характеристика кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) на верхней границе его распространения в Центральном Алтае // Вестник Томск. гос. ун-та. Биология, 2012. – № 4 (20). – С. 171–184.
- Титова З.А., Петкевич М.В.** Наблюдения над конусами аккумуляции в долине реки Актру // Гляциология Алтая. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1963. – Вып. 3. – С. 115–141.
- Тронов М.В.** Горно-ледниковый бассейн Актру как показатель характерных свойств ороклиматической базы оледенения Алтая. // Проблемы гляциологии Алтая: Матер. науч. конф. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1973. – С. 9–20.
- Тронов М.В., Тронова Л.Б., Белова Н.И.** Основные черты климата горноледникового бассейна Актру // Гляциология Алтая. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1965. – Вып. 4. – С. 3–49.
- Цаценкин И.А.** Экологические шкалы для растений пастбищ и сенокосов горных и равнинных районов Средней Азии, Алтая и Урала. – Душанбе: Дониш, 1967. – 223 с.
- Schweingruber F.** Tree rings and environment. Dendroecology. – Berne-Stuttgart-Vienna: Paul Haupt Publ., 1996. – 609 p.

SUMMARY

The response features of vegetation on debris flows and avalanches in the mountain glacial basin Akturu (Severo-Chuisky Range, the central Altai Mountains) are described in the article. Floristic composition of communities and species and degrees of *Pinus sibirica* Du Tour tree disturbances are analyzed on slopes with and without debris flows and avalanches.