
**ПРИРОДНЫЕ
И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

УДК 630*424.1:630*423.5(235.222)

**ОСОБЕННОСТИ ДАТИРОВАНИЯ СЕЛЕЙ, ЛАВИН
И КАМНЕПАДОВ В ВЕРХОВЬЯХ р. АКТРУ
(СЕВЕРО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)
ПО ТРАВМАМ ДЕРЕВЬЕВ**

© 2017 г. С.А. Николаева, Д.А. Савчук, А.С. Кузнецов

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
пр. Академический, 10/3, г. Томск, 634055 Россия. E-mail: sanikol1@rambler.ru,
savchuk@imces.ru, kas.sgs@mail.ru*

Поступила в редакцию 29.08.2016 г.

Верховья р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) – природная территория, характеризующаяся высокой динамикой рельефообразующих процессов. Частота проявления некоторых быстропротекающих геоморфологических явлений (сели, лавины и обвалы/камнепады) по левому борту долины датировалась по травмам деревьев в 2 селевых бассейнах и 3 лавинных комплексах. Рассмотрены виды повреждений у деревьев кедра сибирского и лиственницы сибирской: травмы ствола с обнажением древесины, сломы ствола от верхушки до самого основания, обломы нижних ветвей. Выявлены особенности использования разных видов механических повреждений деревьев с учетом их возраста и размеров. На основе погодичной синхронизации друг с другом всех древесных образцов датированы все травмы и вызвавшие их события с точностью до года. Сопоставление полученных датировок с литературными источниками, свидетельствами очевидцев и данными по метеоусловиям и землетрясениям позволило уточнить причины травм деревьев на участках склона смешанного генезиса. В последние 55 лет на изученных участках левого борта долины р. Актру сели сходят редко, лавины – часто. Для последних характерна высокая пространственно-временная изменчивость.

Ключевые слова: дендроиндикация, сель, лавина, камнепад, обвал, землетрясение, травмы деревьев, кедр сибирский, лиственница сибирская, Северо-Чуйский хребет, Алтай.

ВВЕДЕНИЕ

Верховья р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) – высокогорная территория, на которой имеется комбинация долинных ледников со скальными выступами, осыпями и моренами, чередующимися с массивами старовозрастных и молодых лесов на склонах и флювиогляциальных отложениях. Такое сочетание “льда, камня и дерева” привлекает сюда ученых (гляциологов, геоморфологов, биологов и др.), уже много лет ведущих здесь исследования.

Эта территория характеризуется высокой скоростью проявления таких процессов, как камнепады, обвалы, оползни, сели, лавины и другие площадные перемещения обломочного материала, причем один процесс может накладываться на другой. Разными исследователями здесь выделено 37 осыпей, 51 лавинных и 17 селевых очагов [4, 7, 15, 17 и др.]. Регулярные наблюдения за быстропротекающими

геоморфологическими процессами в верховьях р. Актру отсутствуют, поэтому определенное значение приобретают косвенные методы их идентификации. Деревья “записывают” в свои древесно-кольцевые летописи различные внешние воздействия, в том числе геоморфологические события. При их дендроиндикации используются разнообразные методы [1, 6, 9, 19 и др.]. В частности, в верховьях р. Актру сход лавин на небольшом фактическом материале оценен В.И. Кравцовой [15] по методике В.И. Турманиной, а сход селей в одном из селевых бассейнов и динамика накопления отложений в основании стволов деревьев на одном из участков развития обвально-осыпных процессов – по собственной методике авторов [11, 12 и др.].

Цель работы – датирование некоторых быстропротекающих геоморфологических явлений (селей, лавин и обвалов/камнепадов) в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) по травмам деревьев.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА И ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Верховья р. Актру расположены на северном макросклоне Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай). Территория сложена разнообразными сланцеватыми горными породами с примесью кварцитов, песчаников, известняков и других пород, достаточно быстро разрушающихся и дающих большое количество обломков [14]. Кроме того, для этого района в связи с дегляциацией характерно интенсивное развитие криогенных и обусловливаемых ими процессов, обвальноссыпные виды перемещения вещества и др., что приводит к скоплению обломочного материала в виде конусов осыпей у подножия склонов [17].

В морфологическом плане долина р. Актру имеет выраженную асимметрию. Правый борт долины – крутой (40–45°), где у подножия накапливаются продукты выветривания горных пород в виде мощных конусов. Лавиносборы здесь средней величины, а лавины сходят относительно небольшого объема. Левый – более пологий (15–20° в среднегорном ярусе), здесь в основном преобладают медленные смещения пород, которые могут приобретать катастрофический характер, переходя в достаточно мощные селевые потоки. Лавиносборы этого борта достигают относительно больших величин (высокогорный ярус с уклонами до 45°), в результате чего здесь сходят крупные лавины. Обвалы и камнепады в верховьях р. Актру – частые явления [2, 7, 10, 15, 17 и др.].

Кроме того, территория характеризуется сильной лавинной опасностью, одним из факторов которой является мощный снежный покров, достигающий в альпийской зоне 3–5 м. Сход лавин, по дендрохронологическим данным, имеет высокую межгодовую изменчивость [15].

Наши исследования проведены на пяти участках в перигляциальной зоне, расположенных по левому борту долины в районе географической станции Национального исследовательского Томского государственного университета (50°04' с.ш., 87°45' в.д.): двух селевых бассейнах и трех лавинных комплексах (рис. 1).

Дендроиндикация геоморфологических явлений возможна там, где растут древесные виды (деревья и некоторые кустарники). В верховьях р. Актру в соответствии с типичной высотной поясностью днище долины (2100–2150 м) и склоны до высоты 2300 м занимают леса из кедра сибирского и лиственницы сибирской (верхняя часть лесного пояса). Лиственные деревья в формировании лесов не участвуют. Возраст первого, самого старшего, поколения деревьев в старовозрастных лесах составляет 400–550 лет, единично встречаются деревья 600–800 лет. В послепожарных лесах и лесах на флювиогляциальных отложениях преобладают деревья в возрасте 110–160 лет, хотя встречаются и старше (210–420 и более лет). Далее вверх по склонам лес постепенно сменяется тундрой (2475–3050 м) с травяно-кустарниковой растительностью. Между упомянутыми лесным и тундровым поясами

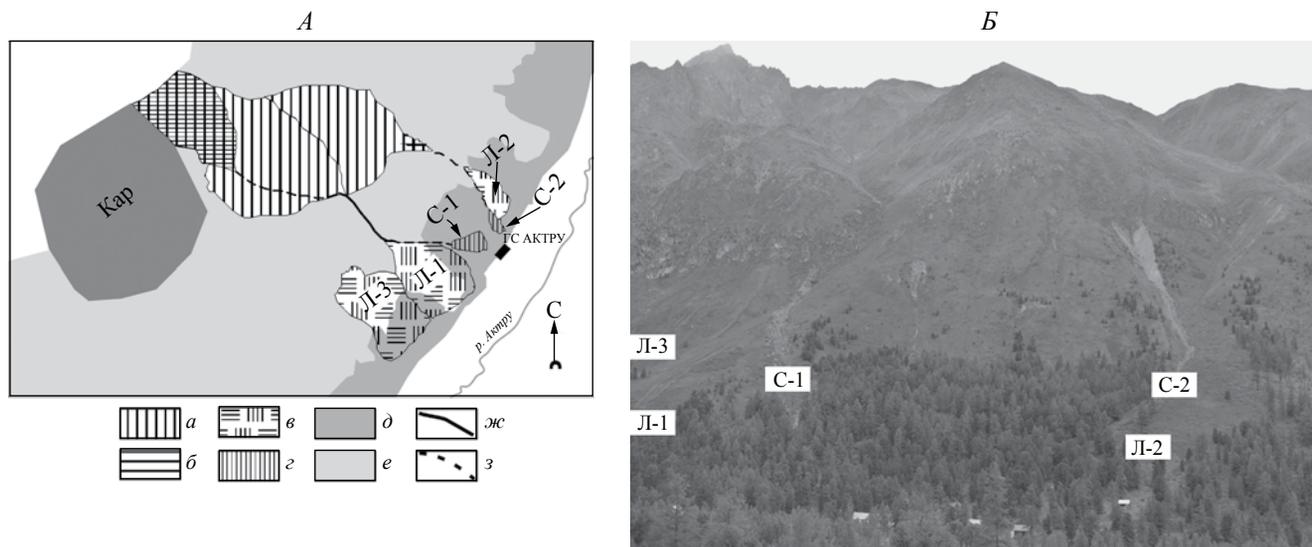


Рис. 1. Карта-схема (А) и внешний вид (Б) участков исследований в верховьях р. Актру.

Участки обследования: С-1, С-2 – селевых бассейнов, Л-1, Л-2, Л-3 – лавинных комплексов. Условные обозначения: а – область снегонакопления, б – селевой очаг, в – лавинный конус выноса, г – селевой конус выноса, д – верхняя часть лесного пояса, е – лесотундровый экотон, тундровый и гольцовый пояса, ж – лавинный лоток, з – селевое русло.

располагается лесотундровый экотон (2235–2475 м), где 35–130-летние деревья кедра и отчасти лиственницы растут группами и одиночно [16 и др.]. Зоны зарождения селей и лавин находятся в основном в тундровом поясе и выше, транзита – в тундровом поясе и лесотундровом экотоне, аккумуляции – в лесотундровом экотоне и верхней части лесного пояса. Датировками геоморфологических явлений были охвачены зоны аккумуляции и нижние части зон транзита (см. рис. 1).

Первый селевой бассейн (С-1). Его очаг расположен на крутом скальном склоне (45°), слева от кара вершины Кызылташ на высоте 3000 м (см. рис. 1, С-1). По нашим подсчетам, площадь его составляет около 120 000 м², конуса выноса – 9 300 м², а примерный объем отложений, вынесенных во время схода документально зафиксированного селя 24.06.1984 г. – около 3 000 м³ [2]. В верхней части склон сложен элювием, и в момент зарождения этот сел, по всей видимости, имел вид водокаменного потока. Врез селевого русла в делювиальные отложения склона имеет глубину 0.8–1.8 м, ширину 3 м. Судя по характеру отложений конуса выноса, сел в нижней части склона перешел в грязекаменный поток.

Второй селевой бассейн (С-2). Его очаг расположен на оползневом склоне на высоте 2400 м под ригелем, выше которого начинается скальный участок (см. рис. 1, С-2). Площадь селевого очага, по нашим подсчетам, – 3 670 м². Склон покрыт чехлом делювиальных отложений, которые в основном и составляли твердую фракцию селей, поэтому селевой поток характеризовался высокой плотностью (2000–2 100 кг/м³). Врез селевого русла в делювиальные отложения склона составляет от 1 до 2 м, его ширина около 5 м, площадь конуса выноса у подножия склона – 3 900 м², объем отложений селевых масс при средней мощности 0.5 м оценивается в 2 000 м³. При сравнении аэрофотоснимка 1975 г. и современных спутниковых изображений выяснилось, что в относительно недавнем прошлом эрозионная ложбина на склоне расширилась.

Первый лавинный комплекс (Л-1). Лавинный очаг расположен на склоне восточной экспозиции вершины Кызылташ в пределах высокогорной части склона на высоте 2500–3000 м (см. рис. 1, Л-1). Здесь наблюдаются благоприятные геоморфологические условия для снегонакопления в период максимального выпадения осадков (понижения рельефа, расположенные в зонах ветровой тени). Область лавинообразования, по нашим подсчетам, составляет около 332 000 м². Вынос снега осуществляется через лавинный лоток, врезанный в склон трога. Лавинный лоток оканчивается

аккумулятивным лавинным склоном, который имеет вид обширного конуса выноса. Вся поверхность конуса выноса занята травянистой и кустарниковой растительностью, местами встречаются деревья высотой от 1 до 15 м, но на ней прослеживается система лавинных лотков с характерными валами, состоящими из мелкообломочного материала. Конус выноса опирается на дно долины, имеет площадь около 86 000 м², угол наклона его поверхности составляет 15°.

Второй лавинный комплекс (Л-2). Снегосбор расположен на склоне г. Кызылташ крутизной 15–20° на высоте 2300–2800 м (см. рис. 1, Л-2). Склон имеет северную экспозицию и находится в тени преобладающих направлений ветра, что способствует максимальному снегонакоплению в зимне-весенний период года. Область снегосбора, по нашим подсчетам, составляет 158 800 м². Выброс снега в правой части конуса осуществляется по селевому руслу, который в зимнее время работает как лавинный лоток. У подножия склона сформировался конус выноса из селевых отложений (общая площадь 19 250 м²), которые перекрываются мелкообломочным материалом, перенесенным лавинами. Остальная часть аккумулятивного склона, по всей видимости, сложена лавинными отложениями.

Третий лавинный комплекс (Л-3) представляет собой участок аккумулятивного склона, расположенный под крутым уступом склона трога на высоте 2500–2800 м (см. рис. 1, Л-3). Материал на этот участок поступает со склона в результате осыпания и обвалов, а также схода “прыгающих” лавин и сноса материала водотоками во время снеготаяния и после прохождения дождей. Нижняя часть аккумулятивного склона покрыта древесной растительностью, а верхняя – преимущественно травянистой, что свидетельствует о снижении активности обвальных и осыпных процессов на денудационном склоне в настоящее время. Сам аккумулятивный склон ориентирован на северо-восток, его крутизна – 15°, площадь аккумулятивного склона, по нашим подсчетам, около 96 800 м². Материал, слагающий аккумулятивный склон, представлен щебнем, на поверхности также встречаются крупные глыбы.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Отбор деревьев. На исследуемых участках подбирались деревья, имеющие повреждения ствола и кроны (обдиры коры с обнажением древесины ствола, обломы вершин и отдельных ветвей, сломы ствола ближе

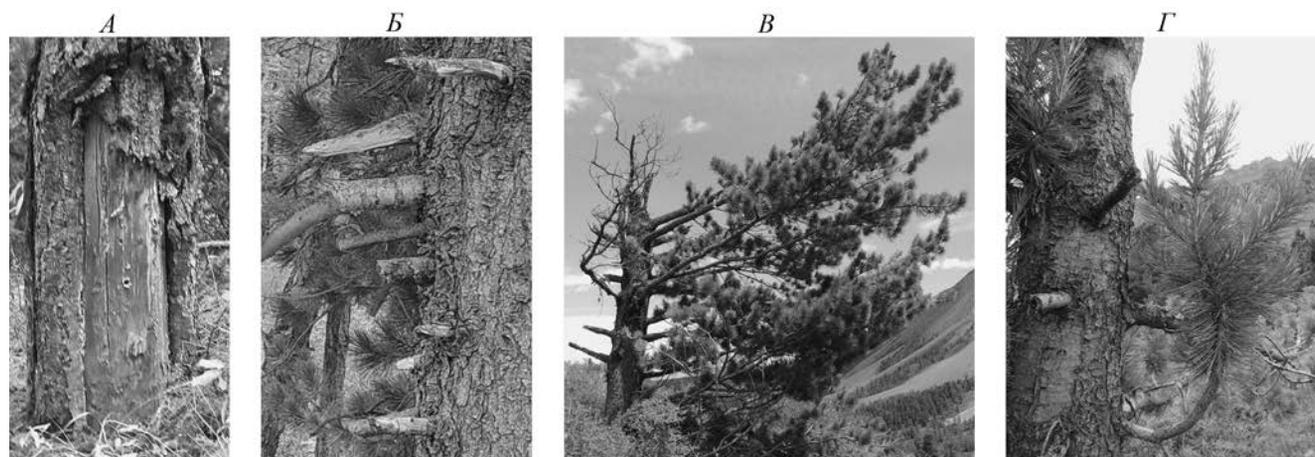


Рис. 2. Травмы у деревьев кедра: *А* – значительная травма на стволе, *Б* – облом нижних ветвей, *В* – облом около половины ствола и большей части ветвей, *Г* – участок ствола дерева с замещающей сломанную верхнюю часть кроны ветвью.

к основанию и т.п.) и/или дополнительно засыпанные обломочным материалом. Эти деревья растут по периферии и частично внутри лавинных конусов, по периферии лотка в нижней части зоны транзита и по всей площади зоны аккумуляции в селевых бассейнах. Место произрастания каждого такого дерева отмечалось на спутниковых снимках.

Отбор образцов и их измерение. Разработанные ранее дендроиндикационные признаки [6, 9, 19, 20 и др.] предполагают взятие в основном спилов стволов деревьев и их молодой поросли. В верховьях р. Актру ведутся многолетние гляциологические, биологические, экологические исследования, начиная с посещения этой территории в 1899 г. профессором Томского университета В.В. Сапожниковым, а природные комплексы территории поддерживаются в естественном состоянии, близком к заповедному. Исходя из этого, при сборе материала авторы использовали методы, минимизирующие разрушение экосистем и их элементов.

В зависимости от размеров и возраста у деревьев брались следующие древесные образцы: 1) керны по двум радиусам ствола через его поврежденные и неповрежденные участки и дополнительно спилы в основании обломанных нижних ветвей; 2) спилы в основании стволов погибших деревьев; 3) спилы/керны в основании стволов молодых деревьев (подрост и 50–65-летние деревья соответственно) с механическими повреждениями надземных частей и спилы отдельных ветвей, способных в будущем заменить погибшую верхину. Всего было собрано более 120 древесных образцов с 75 деревьев в 2012, 2014, 2015 гг.

Ширина годовичных колец, или радиальный прирост, на кернах/спилах измерялась на

измерительном комплексе LINTAB с точностью 0.01 мм. Полученные ряды прироста перекрестно синхронизировались и датировались между собой [18] для точного определения года формирования каждого годовичного кольца, выявления выпавших колец и определения последнего года роста кольца перед травмой, а также возраста дерева.

Виды травм у деревьев разных размеров и соответственно разного возраста несколько различаются. Деревья в возрасте 160–440 лет достаточно крупные: высота 12–20 м, диаметр ствола на высоте груди 30–55 см, реже до 100 см. Они обычно имеют обдиры коры и древесины ствола и обломы ветвей, обычно нижних (см. рис. 2*А, Б*). Деревья в возрасте 50–100 лет отличаются меньшими размерами: высота до 10–15 м, диаметр 10–25 см. Они, кроме вышеперечисленных травм, имеют растрескивание и отслоение коры, обломы ветвей по всей длине кроны, сломы ствола на разной высоте (см. рис. 2*В, Г*). Для особей в возрасте 20–60 лет, входящих в состав подроста (высота 1–3 м), характерны повреждения хвои, обломы отдельных ветвей и стволика от верхушки до почти самого основания с сохранением нижних ветвей.

Виды механических повреждений деревьев и особенности их использования для датирования геоморфологических событий по кернам и спилам

1. *Травмы на стволе* (в литературе используются разные термины: сбитости, обдиры, шрамы, подсушины, сухобочины) [по 6, 15, 19, 20 и др.]. Такие травмы выглядят как обдиры коры с обнажением верхнего слоя древесины (иногда и нижележащих слоев) размерами от незначительных (~ 5 см²) до

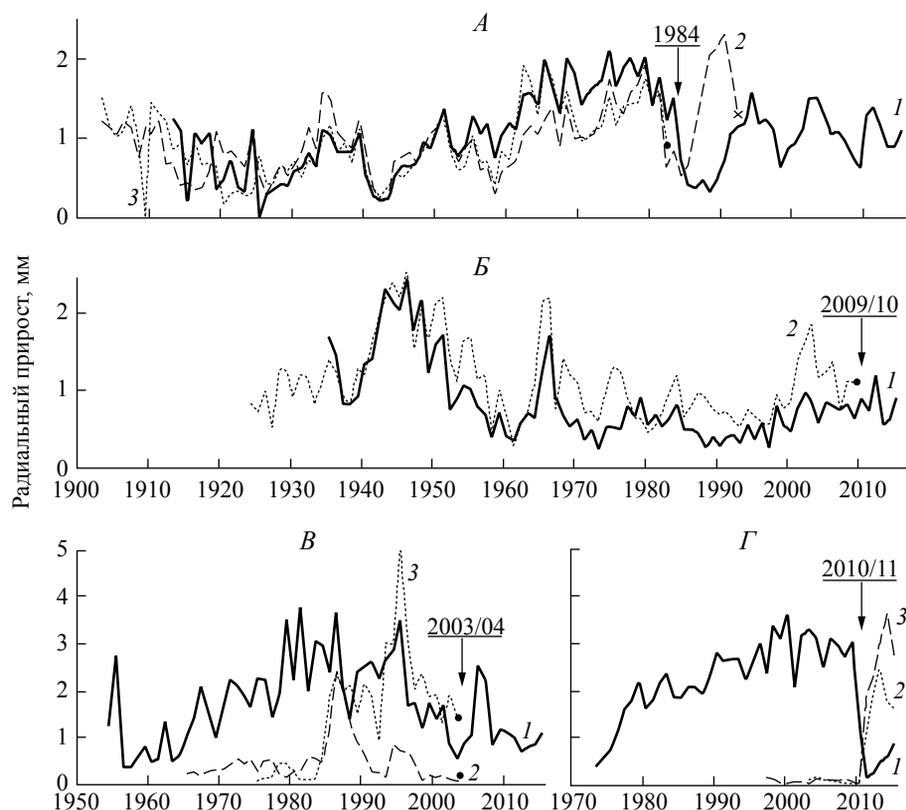


Рис. 3. Примеры синхронизации друг с другом радиального прироста участков ствола и ветвей с травмами и без. Контроль (1) – участки ствола без травм. Виды травм: А – травмы на стволе (обдиры: 2 – заросшие, 3 – незаросшие), Б – дерево, сломавшее под основание ствола (пень), В – остатки обломанных нижних ветвей (сучки: 2–3), Г – ветви замещения (2–3) после слома верхней части ствола и кроны. Стрелками показаны годы геоморфологических явлений, кружочками – последнее годичное кольцо перед травмой ствола, крестиком – последнее годичное кольцо на керне (далее нет данных).

крупных (шириной, равной диаметру ствола дерева, и длиной до 3–4 м) (см. рис. 2А). Основная высота локализации травм на стволах – 1–1.5 м. Ствол на месте травмы прекращает свой рост, либо травмированные участки постепенно зарастают с краев новыми слоями древесины.

При датировке кернов, взятых через эти участки, обращали внимание на микроструктуру годичных колец последних лет. У большинства обследованных образцов сохранялось последнее годичное кольцо с нормально развитой ранней и поздней древесиной и четкой границей отрыва. В отдельных случаях отсутствовало несколько годичных колец, либо от кольца сохранялись отдельные волокна ранней древесины. Такие случаи удавалось установить при наличии нескольких кернов, взятых с одного дерева, в том числе с зарастающих краев травмированных участков ствола. После травмы радиальный прирост ствола резко снижается, а по краям травмированных участков – резко увеличивается (рис. 3А), как, например, после схода селя 1984 г.

2. *Сломы ствола дерева* [по 6, 15, 19, 20 и др.]. Характер слома в зависимости от размеров дерева и силы воздействия может быть различным: от потери верхушки до слома ствола под самое основание. В последнем случае остается пеня высотой 20–50 см с неровными краями слома. Ствол на разных участках ниже места слома снижает прирост по радиусу, а ближайšie к слома ветви, наоборот, увеличивают его. Год облома верхней части ствола можно определить по резким, синхронным и противоположно направленным изменениям прироста ствола и ветвей в следующие годы после воздействия (см. рис. 3Г). Датирование таких увеличивших свой прирост ветвей дополнительно помогало установить даты геоморфологических событий. На пнях последний год роста легко определяется после синхронизации их прироста с таковым соседних живых деревьев (см. рис. 3Б).

3. *Обломы ветвей* [по 6, 15]. От ветвей, располагающихся на фронтальной и боковых сторонах кроны дерева, остаются сучки – основания ветвей длиной 5–20 см (см. рис. 2Б). У крупных деревьев отбираемые для анализа нижние сучки

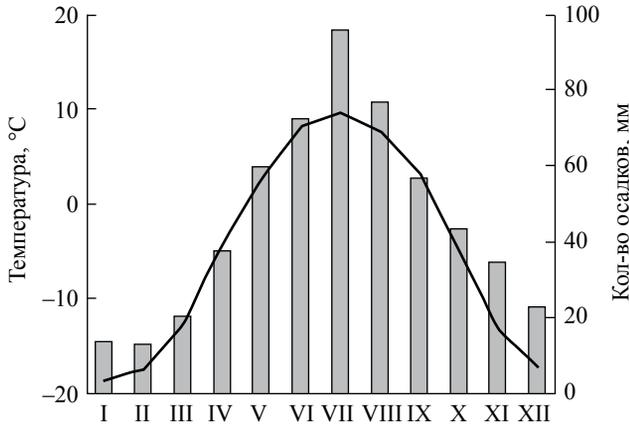


Рис. 4. Климатограмма средних месячных значений температуры (линия) и осадков (столбики) в верховьях р. Актру (по данным ГМС Актру за 1958–1994 гг.).

должны иметь сравнительно большой диаметр. Относительно большой собственный возраст таких сучков, широкие годовые кольца и высокая амплитуда их колебаний по годам позволяют синхронизировать их прирост с таковым ствола этого же дерева и таким образом определить последний год роста обломанной ветви (см. рис. 3В).

На изучаемых участках склона травмы на стволе и сломы стволов под основание деревьев получают в результате не только массовых смещений обломочного материала, например селевых потоков и лавин, но и спорадически происходивших камнепадов, скатывания отдельных крупных глыб, поэтому при подсчете количества травмированных в тот или иной год деревьев эти два вида травм учитывались для всех обследованных экземпляров. Слом вершин, гибель и облом ветвей у деревьев могут быть вызваны и другими причинами:

биологическими (возрастное усыхание), фитоцено- тическими (травма при падении соседнего дерева), метеорологическими (обмерзание, снеговая корра- зия, снеголом), поэтому при вышеупомянутом под- счете два последних вида травм учитывали, если по времени они совпадали с двумя первыми.

Экспертная оценка размеров выявленных селей и лавин проводилась по трехбалльной шкале (круп- ные, средние, мелкие) с учетом количества трав- мированных деревьев, их пространственного рас- положения на исследуемых участках территории, литературных данных и свидетельств очевидцев. В случае затруднений в определении причин травм деревьев в прошлом использовали данные по сред- немесечной температуре и сумме месячных осад- ков по ГМС Актру (2150 м над ур.м.) за 1957–1994 гг. (обобщенная климатограмма приведена на рис. 4) и сведения о землетрясениях до 1975 г. [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

К наиболее селеопасным периодам на Алтае относится июнь–июль [3]. Лавины в верховьях р. Актру могут сходить в течение всего периода залегания снега с пиком активности весной: в пе- ригляциальной зоне – это апрель–май, а по пра- вому борту также июль [7, 15]. Камнепады обы- чны в бесснежный период, но могут сопровождать и сход мокрых лавин [8, 15, 17]. По наблюдениям в верховьях Актру, обвалы и камнепады с покры- тых снегом склонов – частые явления.

Датирование года формирования последне- го годовичного кольца деревьев перед травмой по- казало их крайне неравномерное распределение как в пространстве (по исследованным участкам местности), так и во времени (по годам) (рис. 5).

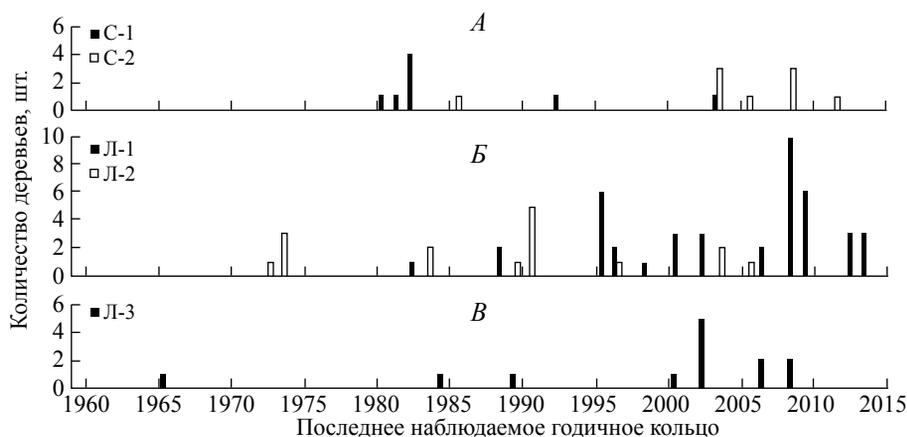


Рис. 5. Количество исследованных деревьев с травмами в селевых бассейнах (А) и лавинных комплексах (Б–В) в верховьях р. Актру по годам. С-1, С-2 Л-1, Л-2, Л-3 – условные обозначения участков исследования.

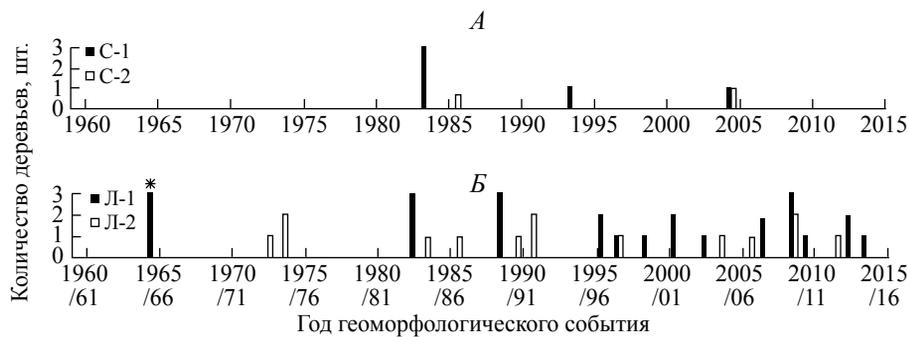


Рис. 6. Датировка селей (А), лавин (Б) в верховьях р. Актру. Размер геоморфологического явления (ось ординат, балл): 1 – слабое (мелкое), 2 – среднее, 3 – сильное (крупное). Звездочкой отмечен год схода лавины по [7]. Остальные обозначения см. рис. 5.

Годичные кольца деревьев формируются в течение сезона вегетации, т.е. в летние месяцы. Поскольку у всех изученных древесных образцов кольца полностью сформированы, события, травмировавшие деревья, произошли позднее соответствующего сезона вегетации (начиная с сентября текущего года по май–июнь следующего): если это сели, то – летом следующего года, если лавины, то – в последующий зимне-весенний сезон, обвалы/камнепады – в основном осенью, либо летом следующего года до того, как полностью сформируется кольцо. Анализ таких лет и возможных причин, вызвавших травмы, позволил реконструировать наиболее вероятные годы реализации геоморфологических событий (рис. 6).

Датировка селей. В зоне аккумуляции селевого бассейна С-1 за последние 55 лет выявлены 5 лет с травмами у деревьев; точнее, годы с последним наблюдаемым кольцом, сохранившимся после травмы (см. рис. 5А), но реконструированы только 3 года с такими событиями: 1984, 1994, 2005 гг. (см. рис. 6А). Поскольку глыбы при ударе о дерево могут сбивать не только кору, но и несколько годичных колец древесины под ней, сопоставление таких лет с датами известных событий позволило более четко и однозначно датировать реальные геоморфологические явления, исключив соседние годы, когда этих событий не было. Например, 3 выявленных подряд года (1981, 1982, 1983) с наблюдаемыми последними годичными кольцами деревьев (см. рис. 5А, С-1) датируют одно событие – сошедший 24.06.1984 г. сел, описанный в литературе [2]. Это был мощный грязекаменный поток, глинистая фракция которого дошла до поймы реки. Само событие четко фиксируется не только по травмам на стволах деревьев, но и по изменениям их прироста, отмеченным по всей зоне аккумуляции [12]. Следовательно, сел

1984 г. диагностируют деревья не только с последними годичными кольцами 1983 г., у которых была повреждена только кора, но и деревья с кольцами 1982 и 1981 гг., у которых была дополнительно сбита древесина одного и двух колец соответственно (см. рис. 3А как пример такой датировки).

У единичных деревьев обнаружены травмы после вегетационных сезонов 1993 и 2004 гг. (см. рис. 5А), которые могут диагностировать сход селей в 1994 и 2005 гг. Лето 1994 г. было дождливым, что является одним из условий схода селя. Подтверждение схода селя в 2005 г. – ниже.

В селевом бассейне С-2, зона аккумуляции которого частично перекрывается таковой лавинного комплекса Л-2, зафиксировано 5 лет, когда у деревьев были травмы (рис. 5А), но к селям было отнесено только одно событие – 2005 г. (см. рис. 6А). Травмы, полученные деревьями после сезонов 2006, 2009, 2012 гг., по свидетельствам очевидцев, не связаны со сходом селей. Причинами травм после этих лет, а также 1986 г., вероятнее всего, послужили лавины (см. *Датировка лавин*).

Обследование этого бассейна в 2008 г. показало наличие отложений обломочного материала светлого цвета в его зонах транзита и аккумуляции. Предположительно травмы деревьев вызваны сходом селя летом 2005 г., который подтверждается расширением эрозионной ложбины. На аэрофотоснимке 1975 г. и современных спутниковых изображениях (по LandSatTM7, март 2001 г.) эрозионная ложбина отсутствует. На основе вышеупомянутых изображений и данных дендриндикации можно сделать вывод, что в течение как минимум 30 лет (с 1975 по 2005 г.) в этом бассейне было селевое затишье. В селевом бассейне С-1 также найдено травмированное в 2005 г.

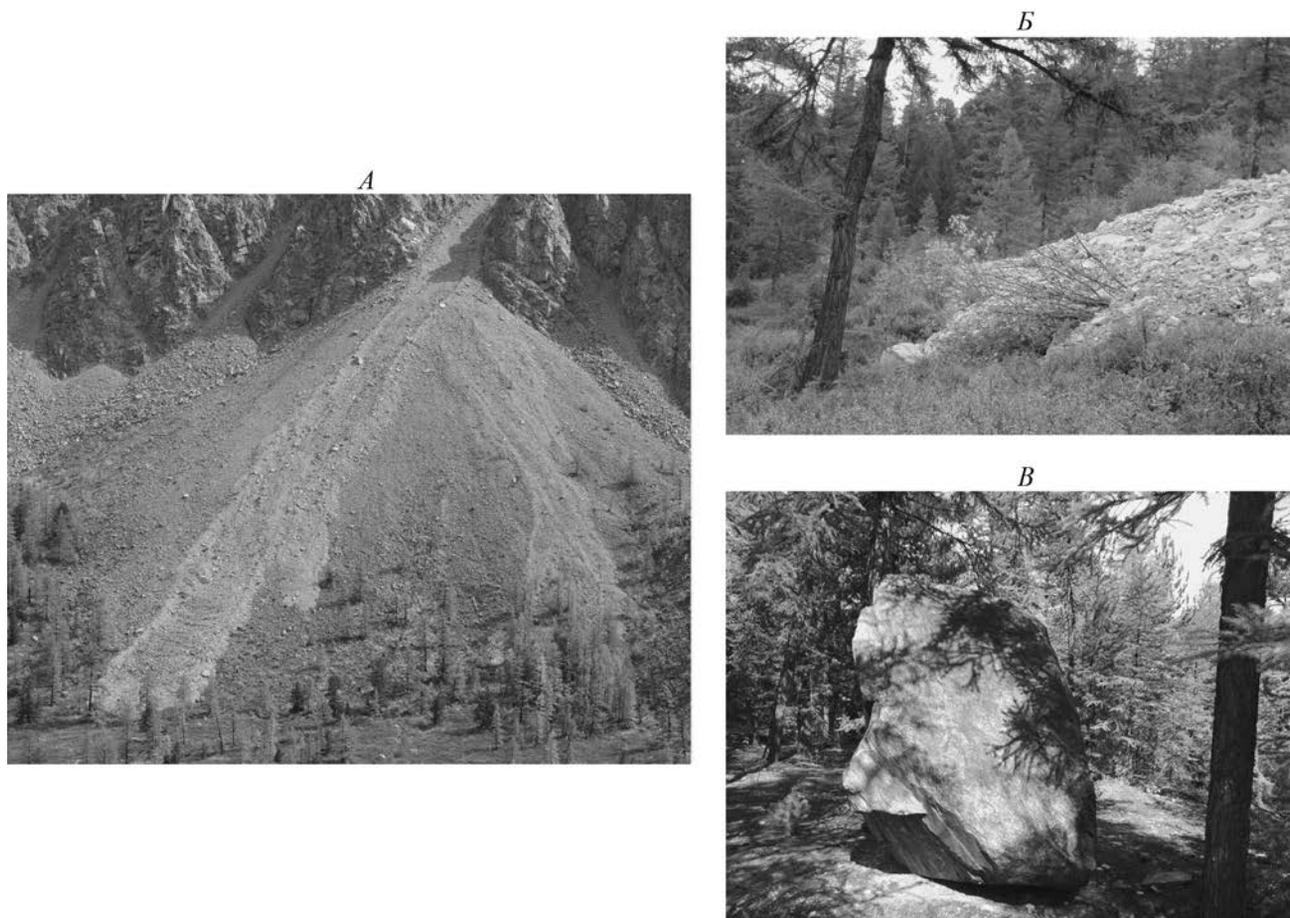


Рис. 7. Последствия схода селей 14–16.07.2012 г. (А, Б), обвалов/камнепадов 2003 г. (В).

А – общий вид одного из селевых потоков, Б – «голова» селевого потока, засыпавшего куст ивы и остановившегося перед деревом лиственницы, растущим на флювиогляциальных отложениях; В – глыба, упавшая в лесной массив с окружающих скал правого борта после Чуйского землетрясения 27.09.2003 г.

дерево, которое растет в верхней части зоны аккумуляции. У деревьев из нижней части такие повреждения не обнаружены. Следовательно, селевые потоки в 2005 г. в бассейне С-1 остановились у верхней границы леса, тогда как в бассейне С-2 глинистая фракция, по нашим наблюдениям, дошла до географической станции.

Сход даже крупных селей не всегда можно обнаружить с помощью дендроиндикации. Так, 14–16.07.2012 г. в верховьях р. Актру прошли мощные грязекаменные сели. Они зафиксированы по правому борту долины видеосъемкой туристов, а их свежие отложения через несколько дней после схода – нашими фотоматериалами (рис. 7А). По правому борту долины деревья по верхней границе лесных массивов селями практически не затронуты, поскольку даже самые мощные селевые потоки остановились перед ними (рис. 7Б). Свежие селевые отложения 2012 г., судя по спутниковым снимкам, по левому борту имеются только в гляциальной зоне, а перигляциальной они не

дошли до верхней границы леса. Травмы от этих селей на деревьях также не обнаружены.

По левому борту долины в 1999 г. в лесном массиве (район географической станции) обнаружены поверхности, перекрытые глинистой фракцией, которые уже начали зарастать травянистой растительностью. Повреждения деревьев этого года в той части лесного массива, который является зоной аккумуляции изученных селевых бассейнов, нами не зафиксированы. Сель предположительно был грязевый. Наиболее вероятный год его схода – 1998. Зона его зарождения, скорее всего, расположена над лесным массивом, между селевыми бассейнами С-1 и С-2. По наблюдениям количество осадков в то лето было повышенным, на что указывает очень высокий уровень воды в р. Актру. Для уточнения года и пути схода этого селя необходимо дополнительное обследование деревьев из лесного массива за пределами зон аккумуляции этих двух селевых бассейнов.

Таким образом, в изученных селевых бассейнах за последние 55 лет, по материалам дендроиндикации, сели сходят редко, а достаточно крупное событие зафиксировано только одно (1984 г.).

Датировка лавин. В конусе выноса первого лавинного комплекса (Л-1) за последние 55 лет выявлены 12 лет, после которых деревья имеют травмы (см. рис. 5Б), и соответственно сход лавин пришелся на зимне-весенние сезоны: 1983/1984, 1989/1990, 1996/1997, 1997/1998, 2001/2002, 2003/2004, 2006/2007, 2009/2010, 2010/2011, 2013/2014 и 2014/2015 гг. (см. рис. 6Б).

По типам повреждений и пространственному распределению поврежденных деревьев в лавинном конусе судили о силе лавины и маршруте ее прохождения. Так, большое количество травмированных деревьев во всех частях лавинного конуса и гибель части деревьев в нижней части конуса (лиственничный лес на флювиогляциальных отложениях в пойме реки), свидетельствуют о том, что лавина 2009/2010 гг. была достаточно крупной. По словам очевидца, лавина была сухая и сошла 31.12.2009 г. Возможно, такими же крупными были лавины 1983/1984 и 1989/1990 гг., поскольку в нижней части конуса обнаружены деревья с повреждениями на стволе. Но собранного материала для такого вывода недостаточно, поскольку эти события произошли 25–30 лет назад, а поврежденные деревья по бокам конуса не обнаружены. По наличию деревьев без травм ствола, но с обломанными нижними ветвями в нижней части конуса, облом которых происходит за счет ударной волны при сходе сухих лавин, можно считать, что лавины 1996/1997, 2001/2002, 2007/2008 и 2013/2014 гг. были средними. Повреждения на стволах деревьев от крупных и средних лавин сохранились в основном с одной стороны конуса, из чего можно сделать вывод, что основной поток лавин 2009/2010, 2001/2002 и 1996/1997 гг. прошел по левой части конуса, а лавин 2007/2008 и 2013/2014 гг. – по правой части. По отсутствию травмированных деревьев в нижней части конуса и наличию таковых по периферии лавинного конуса в его верхней части можно предположить, что лавины 1997/1998, 1999/2000, 2003/2004, 2010/2011 и 2014/2015 гг. были либо мелкими сухими, либо более крупными, но мокрыми.

Чем дальше в прошлое, тем меньше сохраняется на деревьях следов от прохождения лавин, и тем они труднее распознаются. Так, по лавинному конусу Л-1 М.А. Душкиным [7] отмечен сход крупной лавины весной 1966 г., которая вывалила часть деревьев, растущих по периферии в нижней части конуса. Травмы этого года на

живых деревьях мы не обнаружили, а погибшие деревья не сохранились. Их стволы в нижней части конуса могли быть распилены на дрова, а пни за это время скорее всего сгнили. На это указывает невысокая сохранность древесины обследованных пней лиственниц из нижней части конуса: после схода лавины 2009/2010 г. прошло всего пять лет, а пни частично уже сгнили, затрудняя взятие с них древесных образцов.

Конус выноса второго лавинного комплекса (Л-2) имеет интересную особенность: с левой стороны – это обычный лавинный конус, с правой – его нижняя часть накладывается на нижнюю часть зоны транзита и большую часть зоны аккумуляции селевого бассейна С-2. В последнем часть травм деревьев не была следствием схода селей. В частности, по свидетельству очевидца, лавина 08.01.2010 г. достигла зоны аккумуляции этого селевого бассейна, расположенной в лесном массиве. По расположению деревьев с травмами на лавинном конусе можно предположить, что основные потоки лавинного материала в 2012/2013, 2009/2010, 2006/2007, 2004/2005 и 1986/1987 гг. были смещены в правую часть конуса, а в 1997/1998, 1991/1992, 1990/1991, 1984/1985, 1974/1975 и 1973/1974 гг. – в левую.

Анализ метеоусловий и землетрясений позволяет предположить наиболее вероятные месяцы схода лавин. Травмы деревьев, растущих с левой стороны этого лавинного конуса, полученные после вегетационного сезона 1973 г., могли быть вызваны сходом лавины в марте или апреле 1974 г. Этому могли способствовать землетрясение 22.03.1974 г. ($M = 5.1$) и повышенное количество осадков в апреле (в 1.5 раза больше среднемноголетнего значения, см. рис. 4). После сезона 1974 г. деревья могли быть травмированы сходом лавины как осенью этого же года, так и весной следующего. Для ее схода уже в сентябре–октябре было достаточно накопленных твердых осадков (сумма осадков превышала среднее значение на 25% в сентябре и была близка к норме в октябре на фоне более низких, чем обычно, температур). Дополнительными факторами могли быть землетрясения 05.09.1974 г. ($M = 4.0$) или 25.10.1974 г. ($M = 4.5$). Равновероятен сход лавины и в марте–апреле 1975 г. (осадков выпало на 74 и 61% больше соответственно). Травмы деревьям, растущим с правой стороны конуса (зона аккумуляции С-2), после сезона 1986 г. также могла нанести лавина в апреле–мае 1987 г. Количество твердых осадков за апрель было больше на 64%, за май – на 38% на фоне более низких, чем обычно, температур.

Таким образом, в последние полстолетия в изученных лавинных комплексах сход лавин — явление достаточно частое. Дендроиндикация лавин показала временную и пространственную изменчивость их схода. По сравнению с 1-й половиной полувекового периода, во 2-й его половине частота схода лавин увеличилась в конусе Л-1 с 0.7 до 3.9 за 10 лет, в Л-2 — с 1.4 до 2.5 за 10 лет. В лавинном комплексе Л-2 в 1970-е и 1990-е годы лавины сходили ближе к левой стороне конуса, в 2000—2010 гг. — к правой.

Датировка обвалов/камнепадов. На обследованном лавинном комплексе Л-3 за последние 55 лет выявлено 7 лет с травмами у деревьев (см. рис. 5В). Большинство обследованных деревьев имеют травмы после вегетационного сезона 2003 г. Их наиболее очевидная причина — обвалы и/или камнепады, вызванные мощным Чуйским землетрясением ($M = 7.5$) 27.09.2003 г. и его последующими афтершоками.

После этого землетрясения по правому, более крутому борту долины следы обвалов/камнепадов были особенно заметны. Обследование одного из массивов кедрово-лиственничного леса, расположенного у подножия склона, показало, что глыбы объемом порядка 70—100 м³, обрушившиеся со скального склона, не повредили деревья, очень “удачно” упав между ними (см. рис. 7В). На другом участке этого же склона, где молодые деревья лиственницы растут одиночно и группами, у некоторых из них отмечены повреждения — слом верхушки, облом ветвей. По левому борту упавшие глыбы были значительно меньшего размера, но на стволах деревьев на обследованном участке (Л-3) имелись многочисленными травмы. Слабые афтершоки в течение по крайней мере 2-х лет после землетрясения вызывали частые обвалы/камнепады с окружающих скальных склонов, особенно по правому борту.

Установить причины травм деревьев здесь в другие годы достаточно сложно, поскольку они могли быть вызваны как сходом лавин, так и обвалами/камнепадами. Последние случаются преимущественно летом, хотя вероятны и в другие сезоны года, так как причины, их вызывающие, разнообразны: землетрясения, таяние снега, обильные дожди, нагрев поверхности во второй половине дня и др. [17 и др.]. Анализ среднегодового количества осадков позволяет предположить, что лавины были наиболее вероятной причиной травм у деревьев, имевших последнее годовое кольцо в 2009 и 2001 гг., обвалы/камнепады — в 1990 г., а оба события с равной вероятностью — у деревьев с кольцами в 2007, 1985 и 1966 гг.

Кроме того, дополнительным фактором, который мог вызвать обвалы/камнепады и, как следствие, травмировать деревья, после сезона 1966 г. могли быть землетрясения начала лета 1967 г.: 07.06.1967 ($M = 5.0$) и 10.06.1967 ($M = 4.5$).

Таким образом, в лавинном комплексе Л-3 обвалы/камнепады, вызванные мощным землетрясением, четко датируются по травмам деревьев. Но пространственная и временная случайность обвалов/камнепадов затрудняет их идентификацию от других видов геоморфологических событий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные дендроиндикационные исследования геоморфологических явлений в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) включали:

- 1) описание разных видов механических повреждений деревьев кедра и лиственницы,
- 2) определение границ применения этих признаков с учетом возраста и размеров травмированных деревьев,
- 3) выявление особенностей датирования геоморфологических событий по кернам и спилам с учетом особенностей радиального прироста разных участков ствола и ветвей деревьев при различных видах травм и морфологической структуры последнего годового кольца в районе травмы,
- 4) тщательную погодичную синхронизацию друг с другом всех древесных образцов. На основе вышеизложенного были датированы травмы деревьев и определены вызвавшие их события с точностью до года.

Такой подход может оказаться весьма полезным для определения времени и скорости обвально-осыпных процессов в других горных территориях.

Сопоставление полученных датировок с литературными источниками, свидетельствами очевидцев и данными по метеоусловиям и землетрясениям позволило в ряде случаев уточнить причины травм (определить вид геоморфологического события) на участках склона смешанного генезиса. Кроме того, установлено, что часть даже крупных геоморфологических событий не ведет к повреждению деревьев, и поэтому не может быть зафиксирована с помощью дендроиндикационных признаков.

За последние 55 лет на изученных участках левого борта долины р. Актру, по данным

дендроиндикации, сели сходят редко, лавины – достаточно часто. Для последних характерна высокая пространственная (сход лавин в соседних лавинных комплексах, по разным сторонам одного и того же лавинного конуса) и временная (усиление лавинной активности в последние десятилетия) изменчивость.

Часть селевых бассейнов и лавинных комплексов в верховьях р. Актру по сравнению с другими регионами имеет “неклассический” характер. Соседние бассейны и/или комплексы существенно различаются по морфометрическим показателям, что отражается на характере распределения деревьев по площади и степени их травмированности. Они нередко имеют смешанный генезис, поэтому деревья могут фиксировать разные виды геоморфологических событий. Разные зоны бассейна или комплекса, или даже одна его зона, могут находиться не в одном, а в двух-трех растительных поясах (гольцовый, тундровый, лесной) и переходных полосах между ними, что отражается на количестве деревьев-индикаторов событий, пригодных для исследования, поэтому перспективы таких исследований связаны в первую очередь с адаптацией имеющихся и разработкой новых дендроиндикационных методик применительно к таким “неклассическим” условиям.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность д.г.н. А.В. Позднякову, д.б.н. Е.Е. Тимошок, к.б.н. М.Н. Диркс, к.г.н. П.С. Бородавко за предоставленные и используемые в настоящей работе сведения и наблюдения за различными явлениями природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агатова А.Р., Непон Р.К., Баринов В.В., Назаров А.Н., Мыглан В.С. Первый опыт датирования сильных голоценовых землетрясений Горного Алтая с использованием длительных древесно-кольцевых хронологий // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 9. С. 1344–1355.
2. 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. 1986. Вып. 56. С. 121–124.
3. Белая Н.Л. Моделирование внутригодового распределения дождевых селей в горных регионах мира // Автореф. ... дис... канд. геогр. наук. М.: Изд-во МГУ, 2005. 26 с.
4. Виноградов В.А. Сели Чуйских белков (Горный Алтай) // Тр. Зап.-Сиб. регион. науч.-иссл. гидрометеорол. ин-та. 1981. Вып. 51. С. 87–92.
5. География лавин / С.М. Мягков, Л.А. Канаев (ред.). М.: Изд-во МГУ, 1992. 249 с.
6. Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 209 с.
7. Душкин М.А. Лавины в верховьях долины Актру // Гляциология Алтая. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1974. Вып. 8. С. 39–59.
8. Ивановский Л.Н. Экзогенная литодинамика горных стран. Новосибирск: Наука, 1993. 160 с.
9. Лехатинов А.М. К методике изучения активности проявления селей горно-таежных областей // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Матер. III межд. конф. Южно-Сахалинск: Дальневосточный геологический ин-т ДВО РАН, 2014. С. 43–47.
10. Невидимова О.Г., Кузнецов А.С. Морфометрическая дифференциация плотности гелиоресурса на северном макросклоне Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2. Доступно на <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21540> (дата обращения: 05.03.2016).
11. Николаева С.А., Савчук Д.А., Бочаров А.Ю. Влияние различных факторов на радиальный прирост деревьев *Pinus sibirica* в высокогорных лесах Центрального Алтая // Журнал СФУ. Биология. 2015. Т. 8. № 3. С. 299–318.
12. Николаева С.А., Кузнецов А.С., Савчук Д.А. Дендрохронологическое датирование селей в горно-ледниковом бассейне Актру // Климатология и гляциология Сибири: Матер. межд. науч. конф. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2015. С. 172–174.
13. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин (ред.). М.: Наука, 1977. 536 с.
14. Петкевич М.В. О физическом выветривании в высокогорье юго-восточного Алтая // Гляциология Алтая. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1972. С. 184–202.
15. Ревякин В.С., Кравцова В.И. Снежный покров и лавины Алтая. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1977. 216 с.
16. Тимошок Е.Е., Савчук Д.А., Николаева С.А., Тимошок Е.Н., Филимонова Е.О. Современное состояние верхней границы леса в ороклиматических условиях Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай) // Проблемы региональной экологии. 2015. № 4. С. 6–9.
17. Титова З.А., Петкевич М.В. Наблюдения над конусами аккумуляции в долине реки Актру //

- Гляциология Алтая. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1964. Вып. 3. С. 115–141.
18. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Курдянов А.В., Круглов В.Б., и др. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: ИЦ КрасГУ, 2000. 80 с.
 19. Stoffel M., Bullschiweiler M. Tree-ring analysis in natural hazard research – an overview // Natural hazard and Earth system sciences. 2008. V. 8. P. 187–202.
 20. Schweingruber F. Tree rings and environment. Dendroecology. Berne–Stuttgart–Vienna: Paul Haupt Publ. 1996. 609 p.
 8. Ivanovskii, L.N. *Ekzogennaya litodinamika gornykh stran* [Exogenous lithodynamics of mountain areas]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1993, 160 p. (in Russian).
 9. Lekhatinov, F.M. *K metodike izucheniya aktivnosti proyavleniya selei gorno-tayezhnykh oblastei* [On the method of study of debris flows in mountain taiga regions]. *Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita: Mater. III Int. Conf.* [Proc. of the III intern. conf. “Debris flows: disasters, risk, forecast, and protection”]. Yuzhno-Sakhalinsk, 2014, pp. 43–47 (in Russian).
 10. Nevidimova, O.G., Kuznetsov, A.S. *Morfometricheskaya differentsiatsiya plotnosti geliioresursa na severnom makrosklone Severo-Chuiskogo khrebt (Gornyi Altai)* [Morphometric differentiation of helioresource density on the northern macroslope of the Severo-Chuisky Range (the Altai Mountains)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 2–2. (in Russian). Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21540>. (accessed 05.03.2016).

REFERENCES

1. Agatova, A.R., Nepop, R.K., Barinov, V.V., Nazarov, A.N., Myglan, V.S. *Pervyy opyt datirovaniya sil'nykh golotsenovykh zemletryaseni Gornogo Altaya s ispol'zovaniem dlitel'nykh drevesno-kol'tsevykh khronologii* [The first experience in dating Holocene strong earthquakes in the Altai Mountains by long tree-ring chronologies]. *Geologiya i geofizika*, 2014, vol. 55, no 9, pp. 1344–1355 (in Russian).
2. Barashkova, N.K., Koroleva, T.V., Shmygleva, G.M. *Usloviya skhoda selya v doline r. Aktru v Gornom Altae 24 iyunya 1984 g.* [Conditions of the 24 June 1984 debris flow in the Aktru river valley of the Altai Mountains]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy* [Materials of glaciological studies]. Moscow, 1986, issue 56, pp. 121–124 (in Russian).
3. Belaya, N.L. *Modelirovanie vnutrigodovogo raspredeleniya dozhdovykh selei v gornykh regionakh mira. Avtoreferat diss. kand. geogr. nauk* [Modeling of intra-year distribution of rain debris flows in mountains regions over the world. Extended abstract of Cand. Sci. Diss. (Geogr.)]. Moscow, Moscow State Univ. Publ., 2005. 26 p. (in Russian).
4. Vinogradov, V.A. *Seli Chuiskikh belkov (Gornyi Altai)* [Debris flows in Chuisky mountains (the Altai Mountains)]. *Trudy Zap-Sib. region. nauch.-issl. gidrometeorol. instituta* [Proc. of West Siberian regional research hydrometeorological institute], 1981, issue 51, pp. 87–92 (in Russian).
5. Myagkov, S.M., Kanaev, L.A. (eds.) *Geografiya lavin* [Geography of avalanches]. Moscow, Moscow State Univ. Publ., 1992, 249 p. (in Russian).
6. Gorchakovskiy, P.L., Shiyatov, S.G. *Fitoindikatsiya uslovii sredi i prirodnykh protsessov v vysokogor'yakh* [Phytoindication of environmental conditions and natural processes in high mountains]. Moscow, Nauka Publ., 1985, 209 p. (in Russian).
7. Dushkin, M.A. *Laviny v verkhov'yakh doliny Aktru* [Avalanches in the Aktru headwater valley]. *Glyatsiologiya Altaya* [Glaciology of the Altai]. Tomsk, 1974, issue 8, pp. 39–59 (in Russian).
11. Nikolaeva, S.A., Savchuk, D.A., Bocharov, A. Yu. *Vliyaniye razlichnykh faktorov na radial'nyi prirost derev'ev Pinus sibirica v vysokogornykh lesakh Tsentral'nogo Altaya* [Influence of different factors on *Pinus sibirica* tree growth in the highlands of the Central Altai Mountains]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya*, 2015, vol. 8, no. 3, pp. 299–318 (in Russian with English abstract).
12. Nikolaeva, S.A., Kuznetsov, A.S., Savchuk, D.A. *Dendrokronologicheskoe datirovanie selei v gornolednikovom basseine Aktru* [Dendrochronological dating of debris flow in the Aktru glacier basin]. *Klimatologiya i glyatsiologiya Sibiri: Mater. mezhd. nauch. conf.* [Proc. of the intern. conf. “Climatology and glaciology of Siberia”]. Tomsk, Tomsk State Univ. Publ., 2015, pp. 172–174 (in Russian).
13. Kondorskaya, N.V., Shebalin, N.V. (eds) *New catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times till 1977* (English translation from the Russian original). Report SE-31. Boulder, Colorado, USA: World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 1982. 608 p.
14. Petkevich, M.V. *O fizicheskom vyvetrivanii v vysokogor'e yugo-vostochnogo Altaya* [On physical erosion in high altitudinal southeastern Altai Mountains]. *Glyatsiologiya Altaya*. Tomsk, 1972, pp. 184–202 (in Russian).
15. Revyakin, V.S., Kravtsova, V.I. *Snezhnyi pokrov i laviny Altaya* [Snow cover and avalanches in Altai]. Tomsk, Tomsk State Univ. Publ., 1977. 216 p. (in Russian).
16. Timoshok, E.E., Savchuk, D.A., Nikolaeva, S.A., Timoshok, E.N., Filimonova, E.O. *Sovremennoe sostoyaniye verkhnei granitsy lesa v oroklimaticheskikh usloviyakh Severo-Chuiskogo khrebt (Tsentral'nyi Altai)*. [Recent state of the forest line in the oro-climatic conditions of the Severo-Chuisky Range (the Central Altai Mountains)]. *Problemy regional'noi ekologii*, 2015, no. 4, pp. 6–9 (in Russian).
17. Titova, Z.A., Petkevich, M.V. *Nablyudeniya nad konusami akkumulyatsii v doline reki Aktry* [Observations over

- accumulation cones in the Aktru river valley]. *Glyatsiologiya Altaya*. Tomsk, 1964, issue 3, pp. 115–141 (in Russian).
18. Shiyatov, S.G., Vaganov, E.A., Kirilyanov, A.V., Kruglov, V.B., et al. *Metody dendrokronologii. Chast' 1. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoi informatsii* [Methods of dendrochronology. Part 1. Fundamentals of dendrochronology. Collecting and obtaining the tree ring information]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Univ. Publ., 2000, 80 p. (in Russian).
19. Stoffel, M., Bullschiweiler, M. Tree-ring analysis in natural hazard research – an overview. *Natural hazard and Earth system sciences*, 2008, vol. 8, pp. 187–202.
20. Schweingruber, F. *Tree rings and environment. Dendroecology*. Berne-Stuttgart-Vienna, Paul Haupt Publ, 1996. 609 p.

DATING OF DEBRIS FLOWS, AVALANCHES AND ROCKFALLS IN THE AKTRU HEADWATER (SEVERO-CHUISKY RANGE, THE CENTRAL ALTAI MOUNTAINS) BY TREE INJURIES

S.A. Nikolaeva, D.A. Savchuk, A.S. Kuznetsov

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch, Russian Academy
of Sciences, Academicheskyy pr. 10/3, Tomsk, 634055 Russia.
E-mail: sanikoll@rambler.ru, savchuk@imces.ru, kas.sgs@mail.ru*

The Aktru headwater (Severo-Chuisky Range, the Central Altai Mountains, Russia) is an area of the high geomorphological activity studied insufficiently. The aim of the study is to date the geomorphological events (debris flows, avalanches and rockfalls) on the left slope of the Aktru river valley by the tree injuries. We explored the injuries of Siberian stone pine and Siberian larch trees, i.e., stem wounds with the nude wood, stems broken from the top to the base and broken lower branches. The events were dated in the two debris flow and three avalanche basins. The patterns of use of the tree injuries were revealed. The accurate year-by-year synchronism of all wood specimens (cores and cross-sections) to each other allows us to date the events with one-year accuracy. The limits of the dendroindication features were determined taking into account the age, diameter and height of the injured trees. Comparison of the dates specified with the literature sources, eyewitness testimonies and climatic and earthquake data allows us to clarify the reasons of the tree injuries on the neighboring debris flow and avalanche basins. The debris flow events were rare and the avalanche events were much more often on the left slope of the Aktru river valley for the past 55 years. The frequency of the avalanche events varied spatially and temporally.

Key words: *debris flow, avalanche, rockfall, dendroindication, injury, wound, Siberian stone pine, Siberian larch, Severo-Chuisky Range, Altai Mountains.*