

УДК 551.324.63

Динамика нивально-гляциальных склоновых процессов в бассейнах рек Баксан и Теберда по данным радиоуглеродного датирования погребённых почв

© 2013 г. О.Н. Соломина¹, Н.А. Володичева², Н.Н. Володичева², Т.М. Кудерина¹

¹Институт географии РАН, Москва; ²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
olgasolomina@yandex.ru

Статья принята к печати 5 ноября 2012 г.

Дендрохронология, колебания ледников, лавины, погребённые почвы, радиоуглеродное датирование, сейсмическая активность, склоновые процессы.

Avalanches, buried soils, dendrochronology, glacier fluctuations, radiocarbon dating, seismic activity, slope processes.

В разрезе склоновых отложений р. Баксан и флювиогляциальных отложений р. Аманауз (пос. Домбай) радиоуглеродным и дендрохронологическим методами датированы горизонты погребённых почв. В разрезе «Баксан» выделяются три таких горизонта, в разрезе «Домбай» – один. Радиоуглеродный возраст двух наиболее выраженных горизонтов погребённых почв в верховьях долины р. Баксан составляет 170 ± 50 л.н. (1650–1890 гг.) и 380 ± 60 л.н. (1430–1650 гг.). Гибель дерева (дендрохронологическая датировка – после 1677 г.), захороненного в кровле погребённого почвенного горизонта в разрезе «Домбай», возможно, указывает на увеличение в это время объёма речного стока и селевой активности в связи с изменениями размеров ледников в верховьях р. Аманауз, однако не исключено и совпадение с Терским землетрясением 1688 г. Датировки погребённых почв в регионе объединяются в три группы: 270–290, 340–440 и 1280–1440 л.н. Возможны климатические (увеличение осадков, в том числе экстремальных) или сейсмические причины захоронения этих почвенных горизонтов.

Введение

Исследование динамики склоновых процессов в высокогорьях Северного Кавказа имеет не только теоретическое, но и практическое значение, которое особенно возросло в последние годы в связи с активным освоением этих районов. Прежде всего речь идёт о склоновых процессах – лавинах, селях, оползнях и обвалах. Они представляют собой главную опасность для человека в горах, нарушают его хозяйственную и рекреационную деятельность. В этой работе мы приводим новые данные о временной изменчивости склоновых и флювиогляциальных процессов в последние столетия по данным анализа двух разрезов в долинах рек Теберда и Баксан.

Реконструкции динамики склоновых процессов на Кавказе основываются на исторических [15], геоморфологических [7, 10], лихенометрических [1, 4] и дендрохронологических [14–16, 18] данных, которые имеют свои достоинства и ограничения. Так, исторические свидетельства отличаются надёжностью и имеют чёткую хронологическую привязку, однако они разрознены и характеризуют небольшой временной диапазон. Геоморфологические следы катастрофических процессов позволяют восстановить пространственную картину событий, но им свойственна относительная хронологическая привязка. Лихенометрический метод даёт возможность примерно определить возраст отложений, но из-за существенных неопределённостей в оценках

скорости роста лишайников-индикаторов ошибка датирования может быть очень велика. С помощью дендрохронологического датирования либо оценивается минимальный возраст стабилизации поверхности (т.е. примерно определяется время последнего катастрофического события), либо проводится точное (до года или до сезона) датирование событий на основе хронологической привязки гибели деревьев или сбитостей и других повреждений выживших деревьев. Последний способ более надёжен и широко используется в мировой практике [18]. Однако и в этом случае имеются ограничения, например, связанные с возрастом деревьев-индикаторов и неоднозначностью интерпретации причин повреждений древесины.

Все перечисленные здесь способы основаны на датировании собственно склоновых процессов. Между тем в периоды их затухания на поверхности склонов начинаются процессы почвообразования. Чем больше перерыв между периодами активизации склоновых процессов, тем, при прочих равных условиях, более мощный и развитый слой почвы образуется на склоне. После изоляции данного слоя почвы в результате поступления новой порции обломочного материала её радиоуглеродный возраст может быть источником данных о времени затухания склоновых процессов. Косвенно такое чередование свидетельствует об изменениях климата, хотя палеоклиматическая интерпретация этих данных может

быть неоднозначной. Это связано с тем, что склоновые процессы различны по своему генезису, поэтому отложения даже одного типа (селевые, лавинные и пр.) могут быть вызваны разными климатическими причинами (сели ливневые, гляциальные, связанные с прорывом подпрудных озёр и т.д.). В этой работе мы описываем и анализируем полигенетические разрезы склоновых отложений, в формировании которых участвуют как медленные процессы смещения материала вниз по склону, так и быстрые, в частности селевые, лавинные и обвально-осыпные. Поскольку разрез в долине р. Баксан расположен недалеко от концов современных ледников, в формировании этих отложений определённую роль играет также динамика оледенения.

Методы и материалы исследований

Полевые исследования проводились летом 2009 г. в долинах рек Баксан и Теберда. Один из разрезов расположен напротив канатной дороги в верховьях долины Баксана ($43^{\circ}15'59''$ с.ш., $42^{\circ}28'49''$ в.д.) (рис. 1), другой — в пос. Домбай, у автомобильной дороги ($43^{\circ}17'31''$ с.ш. $41^{\circ}37'81''$ в.д.) (рис. 2). Оба разреза имеют искусственное происхождение и выполнены в связи со строительными работами.

Разрез рыхлых отложений с погребённой почвой и фрагментом хорошо сохранившейся древесины в пос. Домбай (разрез «Домбай»), вскрытый до глубины 178 см, находится на периферии конуса выноса долины р. Аманауз. Абсолютная высота — 1620 м. По дну ущелья течёт ручей и периодически сходят селевые потоки. На рис. 2 видно, что наиболее часто они движутся по центральному руслу. Левая и правая части конуса выноса задействованы реже, видимо в случаях особенно больших объёмов выносимого материала. Боковая периферия конуса, где сели сходят реже, покрыта лесом, прорезанным следами недавних, судя по свежести отложений, селевых потоков меньшего масштаба. Здесь, в правой части конуса, расположен наш разрез. В верховьях долины, на расстоянии примерно 5 км от нашего разреза, на высоте 2400–2500 м находятся концы нескольких крупных ледников — Аманаузского, Аманауз, Софруджу северного и Джугутурлючат западного. От них по долине р. Аманауз поступает моренный материал, в том числе и во время схода селей и паводков. Долина имеет крутой уклон в области современных морен, но в нижней части она постепенно выполаживается и расширяется.

Разрез в верховьях долины р. Баксан (разрез «Баксан») проходит на левом борту поляны Азау, под склоном южной экспозиции (см. рис. 2, а). Это обнажение расположено напротив канатной дороги на абс. высоте 2340 м. Рыхлые отложения, мощностью 10–12 м, содержат обломочный материал



Рис. 1. Местоположение разреза в пос. Домбай (обозначено звёздочкой)

Fig. 1. Location of Dombai section (star)

разной размерности, вплоть до глыб, размером 4×5 м (см. рис. 2, б). В настоящее время отложения этого разреза формируются, главным образом, за счёт поступления рыхлого материала со склона, в том числе перемещаемого лавинами. Выше по долине расположены ледники Большой и Малый Азау. По-видимому, в середине XIX в. при наступании ледника Азау на этом участке находился фронт левой части ледника, о чём свидетельствуют состав и характер отложений. Это подтверждает также графический рисунок Г. Абиha 1848 г. [10].

Отложения в обоих разрезах (табл. 1 и 2) имеют полигенетическое происхождение. Тем не менее, разрез «Домбай» мы интерпретируем, главным образом, как запись флювиогляциальных и в какой-то степени селевых процессов, а разрез «Баксан» отражает, в основном, динамику схода лавин, склоновых селей и плоскостного смыва материала с выше лежащего склона. В работе использовался комплекс литолого-стратиграфических методов с радиоуглеродным контролем погребённых почвенных горизонтов и древесины. Радиоуглеродное датирование четырёх образцов выполнено в радиоуглеродной



Рис. 2. Местоположение разреза в верховьях долины р. Баксан (а, обозначено звёздочкой) и общий вид разреза «Баксан» (б).

1 — сосны, растущие на поверхности склона над разрезом; 2 — сосны на старой морене возрастом более 400 лет; 3 — положение разреза с погребённой почвой в морене ледника Большой Азау

Fig. 2. Location of Baksan section (a, star) and general view on Baksan section (b).

1 — pines growing at the slope at the location of our section; 2 — pines more than 400 years old at the old moraine; 3 — location of the section with the soil horizon buried in the moraine of the Bolshoy Azau Glacier

лаборатории Института географии РАН. Активность радиоуглерода измерялась на ультранизкофоновом жидко-сцинтилляционном альфа/бета спектрометре-радиометре Quantulus 1220 фирмы PerkinElmer, Финляндия. Датировки откалиброваны с помощью программы Oxcal 3.5 [17]. Дендрохронологическое датирование образца погребённой древесины выполнено в дендрохронологической лаборатории этого же института В.В. Мацковским на основе сводной хронологии ширины колец сосны Северного Кавказа. Датирование велось по стандартной методике [16] с помощью программ COFESHA и TSAP.

Описание разрезов

Описания разрезов в табл. 1 и 2 показывают, что периоды повышенного накопления рыхлого материала сменялись этапами стабилизации поверхности и формирования на ней почвенного покрова или торфяничков. В разрезе «Баксан» зафиксировано три таких «спокойных» периода, а в разрезе «Домбай» — один. Радиоуглеродный возраст погребённых почв и фрагмента погребённой древесины, обнаруженных в разрезах, приведён в табл. 3.

В разрезе «Домбай» отражены периоды накопления флювиогляциальных и селевых отложений. В периоды уменьшения речного стока и, возможно, затухания селевой активности периферия конуса стабилизировалась, здесь начинались почвообразовательные процессы и появлялась древесная растительность. В этом разрезе под асфальтом залегает окатанный валунник со свежими сколами, с включениями отмытого крупнозернистого песка и уложенной и хорошо окатанной галькой, что свидетельствует о наличии постоянного водотока. На границе с этим горизонтом среди валунов на глубине 94 см в верхнем слое погребённой почвы горизонтально залегает фрагмент ствола хвойного дерева, вероятно сосны, диаметром около 25 см. Его залегание и хорошая сохранность (на спиле прекрасно видны годовичные кольца) свидетельствуют о быстром и относительно недавнем его захоронении, однако кора не сохранилась, что косвенно указывает на транспортировку дерева перед захоронением. Максимальный набор годовичных колец в спиле этого дерева — 120, считая по наиболее длинному радиусу.

Почва на глубине 94–106 см имеет ненарушенную структуру горизонтов [A] и [B], в которых наблюдаются органоминеральные плёнки по граням структурных отдельностей и корни. В этой почве обнаружены также следы пожара («керамзит» и краснокветные стяжения). Ненарушенность почвенной кровли свидетельствует об одномоментности её погребения. Подстилают почву валунные отложения. Залегание фрагмента древесины в почвенном горизонте свидетельствует об их близком возрасте, однако, как показал анализ, радиоуглеродный возраст почвы и древесины различается более чем на 100 лет: возраст почвы, определённый по гуминовым кислотам, на 130 лет меньше радиоуглеродного возраста древесины. Это может быть связано с тем, что углерод в почве постоянно обновляется, а соответственно омолаживается и радиоуглеродный возраст. Таким образом, точнее оценить возраст почвенного горизонта, а вернее время окончания его формирования, можно только с помощью анализа древесины.

Наиболее вероятная датировка образца древесины по радиоуглеродным данным после калибровки

Таблица 1. Разрез «Домбай»

Генетический горизонт*	Глубина, см	Описание
	0–20	Асфальт
	20–30	Подложка под асфальт – битый строительный материал, дресва, галька, щебень, суглинистый заполнитель
D	30–94	Перемешанный флювиогляциальный, утрамбованный, со слабовыраженной слоистостью суглинистый валунник, с обломками разной размерности, лежащими параллельно поверхности (~50%), с включением слоя отмытого песка и плотно упакованной гальки; граница неровная с наклоном вниз по склону
[A]	94–106	Буровато-тёмно-коричневый, средний и тяжёлый суглинок, среднекомковатый, плотный, с глянцевыми плёнками по граням структурных отдельностей, пронизан корнями растений, с включением дресвы, неразложившихся древесных остатков, красноцветных стяжений и пористых минерализованных углистых новообразований, переход резкий, граница ровная. Фрагмент ствола (диаметром около 25 см) на границе с верхним D горизонтом среди валунов
[B]	106–125	Коричневый, средний суглинок, сырой, мелкокомковатый, уплотнённый, с включением дресвы и щебня, с охристыми стяжениями, с отдельными толстыми корнями растений
[C]	122–178	Светло-коричневый валунник, влажный, плотно уложенный, межвалунное пространство заполнено комковатым мелкозёмом с пятнами оглеения и охристыми затёками по трещинам и граням структурных отдельностей (80% каменистого материала), по бурым язычковатым затёкам ходов растений встречаются остатки полуразложившихся корней, с включением углистых частиц, дресвы и щебня, граница ясная по уложенным валунам

*Названия генетических горизонтов, принятые в почвоведении: А – гумусовый, В – иллювиальный, ВС – переходный; С – материнская порода; D – подстилающая порода; в квадратных скобках – погребённые горизонты.

Таблица 2. Разрез «Баксан»

Генетический горизонт	Глубина, см	Описание
A	0–15	Коричневый, с маломощной дерниной, рыхлый, супесчаный, с включением дресвы и щебня, пронизан корнями растений, граница неровная. Переход чёткий по цвету
BC	15–115	Светло-жёлтая супесь, уплотнённая, с включением крупных валунов, дресвы и щебня, с пятнами ожелезнения, с плотным прослоем углей (на глубине 17–25 см), с большим количеством живых корней древесных растений. Переход чёткий по цвету и механическому составу, граница наклонена вниз по склону
[A] ₁	115–119	Фрагментарный коричневый, супесчаный, со слоистыми буроватыми гумусовыми стяжениями и слаборазложившимися волокнами растений, с включением дресвы, пронизан живыми корнями древесных растений
[BC] ₁	120–160	Палево-жёлтая супесь, с включением дресвы и крупнозернистого песка, с охристыми новообразованиями и ожелезнением по ходам неразложившихся корней. Переход чёткий по цвету и механическому составу
[A] ₂	160–170	Коричневый, плотный, с неразложившимися и слаборазложившимися растительными остатками, среднесуглинистый, пронизан корнями растений. Граница ровная с наклоном по склону
[C] ₂	170–190	Жёлтая супесь с включениями дресвы. Граница ровная
[A] ₃	190–203	Коричневый, плотный, влажный, среднесуглинистый, с бурыми гумусовыми стяжениями, пронизан слаборазложившимися остатками корней растений, с включением супесчано-дресвяно-щебнистого прослоя (196–200 см). Граница волнистая
[C] ₃	203–237	Светло-серый, супесчаный, с включением большого количества дресвы, встречаются неразложившиеся корни растений
D	237–250	Супесь с включением обломков разной размерности без растительных остатков

лежит в интервале 1480–1680 гг. (см. табл. 3). Наша региональная хронология ширины годовых колец хвойных пород на северном макросклоне Центрального и Западного Кавказа охватывает интервал с 1533 до 2009 г. и таким образом позволяет получить более точную календарную дату гибели дерева. Перекрёстное датирование показывает, что наиболее вероятное время гибели дерева – около 1677 г. (несколько колец на периферии ствола могло быть

утрачено). Внутреннее кольцо образовалось в 1558 г. Проверка датировки с помощью программ «COFECHA» и «TSAP» подтверждает её достоверность (рис. 3). На этом рисунке видно, что в 1560, 1613–1614 гг. и с 1670 по 1677 г. дерево испытывало угнетение. Первые два периода угнетения, по-видимому, были связаны с климатическими причинами: они повторяются и на региональной кривой ширины колец. Последний же период угнетения ха-

Таблица 3. Результаты радиоуглеродного датирования и калибровки датировок погребённых почв и древесины

Характеристика образца	Радиоуглеродный возраст, л.н. активность, %, $\frac{\text{возраст}}{\text{активность}}$	Лаборатор- ный номер	Календарный возраст, годы н.э. (в скобках — активность)	Источник
Пос. Домбай, почвенный горизонт, погребённый во флювиогляциальных отложениях на глубине 94–106 см. Датирован по гуминовым кислотам	140 ± 70 $98,23 \pm 0,85\%$	ИГАН 3940	1660–1960 (95,4%)	Настоящая статья
Пос. Домбай, флювиогляциальные отложения с погребённым почвенным горизонтом. В верхней части погребённой почвы на глубине 94 см — ствол дерева	270 ± 50 $96,62 \pm 0,80\%$	ИГАН 3941	1480–1680 (81,4%) 1730–1810 (11,8%) 1930–1950 (2,2%)	
Долина Баксан, поляна Азау, лавинные отложения, погребённая почва, глубина 160–170 см. Датирован по гуминовым кислотам	170 ± 50 $97,85 \pm 0,84\%$	ИГАН 3939	1650–1890 (80,1%) 1910–1960 (15,3%)	
Долина Баксан, поляна Азау, лавинные отложения, погребённая почва, глубина 190–196 см. Датирован по гуминовым кислотам	380 ± 60 $95,32 \pm 2,77\%$	ИГАН 3938	1430–1650 (95,4%)	
Почва, погребённая в тыловой части шва оползня, верховья долины Баксан	290 ± 70	ИГАН 3040	1400–1850 (93,1%) 1900–1950 (2,3%)	[11]
Долина Баксан, поляна Азау, погребённая почва на глубине 110 см в основании моренного вала. Подстилается и перекрывается моренными отложениями ледника Большой Азау	340 ± 95	Marcinek, 1998	1400–1850 (93,6%) 1900–1950 (1,8%)	[10]
Почва, перекрытая отложениями сейсмообвала, верховья р. Юсеньги	340 ± 150	ИГАН 2585	1300–2000 (95,4%)	[6]
Почва, перекрытая песчано-глинистыми озёрными отложениями в первой надпойменной террасе р. Юсеньги, образовавшимся в результате сейсмогра- витацционной подруды	350 ± 50	ИГАН 3033	1440–1650 (95,4%)	[11]
Погребённая почва в дорожной выемке на окраине пос. Терскол	410 ± 40	13МЭ-97А	1420–1530 (73,5%) 1560–1640 (21,9%)	[10]
Почва, перекрытая отложениями сейсмообвала, верховья р. Юсеньги	430 ± 60	ИГАН 2619	1400–1640 (95,4%)	[6]
Долина Баксан, правый борт, погребённая почва	440 ± 135	n 21200	1250–1850 (94,4%) 1900–1950 (1,0%)	[3]
Почва, перекрытая отложениями сейсмообвала, верховья р. Адырсу	490 ± 30	ИГАН 2611	1400–1460 (95,4%)	[6]
Почва, перекрытая отложениями сейсмообвала, верховья р. Баксан, к востоку от пос. Эльбрус	530 ± 30	ИГАН 2618	1320–1350 (17,5%) 1390–1450 (77,9%)	
На южном склоне долины Баксана, около с. Тегенек-ли; гумусированный почвенный горизонт с углями, погребённый под лавинными отложениями	1420 ± 80	МГУ-750	430–780 (95,4%)	[10]
Бессточные котловины тыловых швов оползневых тел, Баксан	1440 ± 40	ИГАН 3039	540–670 (95,4%)	[11]
	1400 ± 60	ИГАН 3079	530–730 (90,3%) 740–780 (5,1%)	
Погребённая почва в лавинном конусе, Приэльбрусье	1280 ± 100	Без номера	600–980 (95,4%)	[12]

рактен только для дерева из нашего разреза. Возможно, это означает, что уже с начала 1670-х годов его корни начало подмывать рекой, а окончательная гибель наступила на несколько лет позже. Нам неизвестно, какая часть ствола представлена в разрезе, поэтому собственный возраст дерева, скорее всего, не 120 лет, а несколько больше. Датировка времени его гибели, напротив, имеет более точную временную привязку. Наш анализ показывает, что минимум в течение 120 лет до начала 1670-х годов дерево не испытывало неблагоприятных внешних

воздействий, т.е. поверхность, на которой оно росло, была относительно стабильной.

В разрезе «Баксан» преобладает супесчаный материал с включением дресвы, щебня, более крупных обломков и даже глыб размером в несколько метров. Супесчаные горизонты переслаиваются тремя мало-мощными оторфованными горизонтами погребённых почв на глубинах 115–119, 160–170 и 190–203 см. Два последних горизонта датированы радиоуглеродным методом. Верхний горизонт — слишком молодой для радиоуглеродного датирования. Нижний гори-

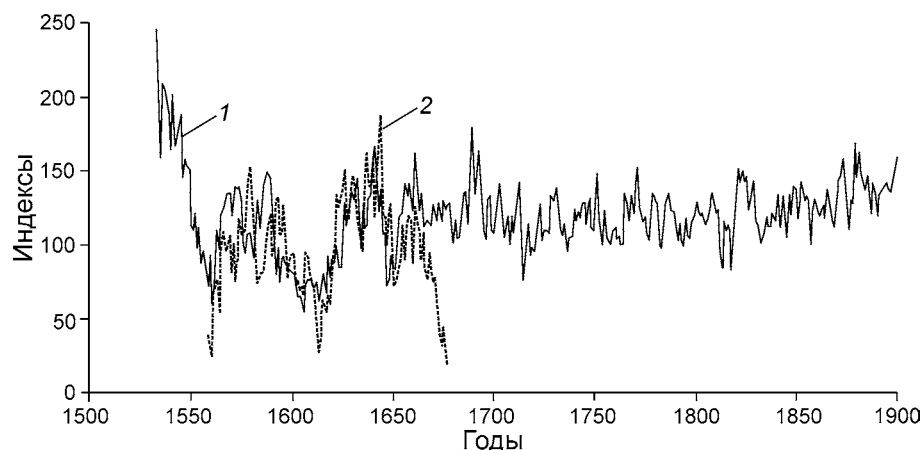


Рис. 3. Перекрёстная датировка образца погребённой древесины относительно сводной хронологии ширины колец сосны для Северного Кавказа:

1 — сводная хронология; 2 — погребённая древесина

Fig. 3. Cross-dating of buried piece of wood in relation to the regional pine ring width chronology of the Northern Caucasus:

1 — сводная хронология; 2 — погребённая древесина

зонт — самый мощный и наиболее обогащён органикой. Его радиоуглеродный возраст — 380 ± 60 л.н., наиболее вероятный календарный возраст — 1430–1650 гг. (см. табл. 3). Почвообразование в этом разрезе прекратилось из-за поступления со склона массы супеси с дресвой, которая, возможно, была принесена в результате флювиогляциального, делювиального и лавинного сноса со склона, лежащего выше исследуемого разреза. Затем поверхность вновь стабилизировалась и на ней начал образовываться слой оторфованной почвы. Её радиоуглеродный возраст составляет 170 ± 50 лет. К сожалению, как видно из табл. 3, установить точную календарную дату для этого горизонта невозможно из-за радиоуглеродного «плато», охватывающего последние три столетия. Этот горизонт перекрыт новой порцией палево-жёлтой супеси с дресвой и крупнозернистым песком, по-видимому, лавинного происхождения. Затем на обновлённой и стабилизировавшейся поверхности началось формирование ещё одной торфянистой прослойки, однако этот период стабилизации, видимо, был очень коротким, судя по небольшой мощности горизонта. Данная прослойка, в свою очередь, была погребена под слоем светло-жёлтой супеси с включением валунов, дресвы и щебня, и уже на этом слое начала формироваться современная почва. Таким образом, в разрезе прослеживаются четыре органосодержащих (почвенных или торфянистых) горизонта, которые перемежаются с супесчаными горизонтами без органики. Разрез формировался в последние 400–500 лет. На его поверхности растут сосны, возрастом до 57 лет (пять кернов с наиболее старых деревьев отобраны и проанализированы А.Д. Олейниковым в апреле 2012 г.). Минимальный возраст поверхности с учётом времени заселения и высоты отбора образцов — около 70 лет.

В разрезе «Баксан» верхняя погребённая почва [A]₁ на глубине 115–119 см выражена фрагментарно с неровными верхней и нижней граница-

ми, что свидетельствует об увеличении интенсивности склоновых аккумулятивно-денудационных процессов в начале и конце её формирования. Судя по возрасту растущих на поверхности нашего разреза сосен (см. выше), возраст верхнего недатированного почвенного горизонта старше 60–70 лет. Почва [A]₂ в этом разрезе имеет хорошо сформированный гумусовый горизонт, но его профиль ([A]₂ — [C]₂) укорочен, что свидетельствует о непродолжительном времени существования почвы, сформировавшейся на маломощных (20 см) делювиальных отложениях. Небольшой объём этих отложений указывает на кратковременность процесса, а отсутствие в них крупных валунов — на возможный лавинный их генезис. Почва [A]₃ — самая мощная в этом разрезе с хорошо сформированным гумусовым горизонтом (13 см), насыщенным разложившимся и неразложившимся органическим веществом. Из-за своей скелетности она имела хорошую аэрированность. Вероятно, эта почва формировалась в тёплых условиях склона южной экспозиции при достаточном увлажнении. Материнской породой для неё служили моренные отложения, источник которых находится не на склоне, а вверх по долине Баксана.

Обсуждение результатов в контексте сведений о климате и оледенении Кавказа в последние 600 лет

Происхождение основной массы материала в разрезе «Баксан» (супесь с дресвой и обломками разной размерности) мы интерпретируем как результат обвально-осыпных и делювиальных склоновых процессов, связанных, главным образом, с лавинной деятельностью. Склон над разрезом лавиноопасен и в настоящее время. Крупные глыбы на поверхности конуса, под которым расположен разрез «Баксан», принесены ледником Большой Азау [10]. Периоды накопления супесчаных, лишённых органики горизонтов в нашем разрезе логично было бы объяснить усилением плоскостного

смыва и сноса материала со склонов. Эти процессы могут быть связаны с увеличением осадков, причём как жидких, так и твёрдых. К сожалению, проверить эту гипотезу с помощью независимых данных пока невозможно, потому что климатические реконструкции высокого разрешения в этом районе доступны лишь для летних температур и только до начала XIX в. [5]. Как будет показано далее, резкое прекращение процессов почвообразования и погребения почвенных горизонтов обломочным материалом со склонов может быть также связано с сейсмической активностью. В этом разделе мы обсуждаем возможные причины формирования отдельных горизонтов двух описанных нами разрезов и попытаемся рассмотреть их в широком контексте динамики природных и антропогенных процессов последнего тысячелетия в высокогорьях Центрального Кавказа.

Под современной почвой в разрезе «Баксан» в слое супеси на глубине 17–25 см прослеживается горизонт углей. Относительно большая мощность, плотность и выдержанность простираения — доказательство того, что это — следы не костра, а пожара. Интересные сведения, которые могут иметь отношение к этому горизонту, приводит В.И. Турманина [15]. По записанным ей в 1972 г. воспоминаниям местного жителя А. Тилова, «очень страшный пожар, о котором помнят люди, был в долине лет 80–100 назад. Горел весь склон Итколбаши, обращенный на юг...». Другой очевидец — Д. Кочкаров — в 1974 г. рассказывал, что «огромный пожар люди сделали», чтобы сжечь весь скот, заражённый ящуром (с. 115). Хотя упомянутый склон Иткола расположен слишком далеко от нашего разреза, аналогичные события могли происходить и в районе поляны Азау. Впрочем, склоны, покрытые лесом, особенно южной экспозиции, часто выгорали и по естественным причинам.

При сопоставлении наших данных с хронологией лавинной активности в долине р. Баксан по дендрохронологическим материалам разных авторов [2, 8, 9, 14] мы столкнулись с некоторыми трудностями, связанными прежде всего с тем, что сами эти хронологии весьма существенно отличаются друг от друга. К наиболее полной относится реконструкция В.И. Турманиной, которая использовала данные К.В. Акифьевой и проанализировала более 500 спилов деревьев, сбитых лавинами в долине Баксана. Согласно этой реконструкции, два интервала «без лавин» относятся к 1827–1847 и 1700–1750 гг. Не исключено, что именно с этими периодами могут быть соотнесены два верхних горизонта погребённых почв — недатированный (старше 70 лет) и с возрастом 170 ± 50 л.н. Как уже отмечалось, радиоуглеродный возраст почв, определённый по гуминовым кислотам, на 100–150 лет занижен по сравнению с истинным. По

данным В.И. Турманиной и К.В. Акифьевой, частота схода лавин с 1700 по 1970-е годы увеличивалась. Известно, что с середины XIX в. до 1930-х годов всё дно долины Азау, от Терскола до конуса Гарабаши, было занято взрослым сосновым лесом, возраст которого был определён при сходе лавин [8] в 1969, 1976, 1987 гг. и составлял до 250 лет, а на конусе Гарабаши около дороги — 298 лет [8]. Это может быть косвенным свидетельством усиления лавинной активности в середине—конце XX в., которое связано не только с увеличением снежности зим, но и с деградацией каровых ледников, лежащих на склонах троговых долин, таких как Баксан и Теберда. Освобождающиеся ото льда кары постепенно превращались в крупные снегосборы, где накапливались большие массы снега и из которых теперь сходят лавины особо крупных размеров [8]. На участке, где находится исследуемый разрез в долине Баксана, сохранились 50–60-летние сосны. Это означает, что особо крупных лавин в последние 50 лет здесь не было. Судя по фотоматериалам Л.Я. Фролова, в 1928 г. в районе разреза «Баксан» прошёл небольшой селевой поток, который вскрыл толщу моренных отложений и вышел на поляну Азау. На фотографии 1928 г. видно, что в то время возраст сосен на этой поверхности достигал 20–30 лет.

Датировка погребённой почвы в верховьях Баксана (380 ± 60 л.н.; см. табл. 3) близка ещё к нескольким радиоуглеродным датировкам погребённых почв, в частности, обнаруженных на правом борту долины Баксана (440 ± 135 л.н. п 21200 [10] и в дорожной выемке на окраине пос. Терскол [3] (410 ± 40 л.н. 13МЭ-97А) (к сожалению, тип вмещающих отложений не указан). Погребённая почва вскрыта также на глубине 110 см в основании моренного вала высотой до 6 м, расположенного за лабораторным корпусом базы МГУ на поляне Азау (340 ± 95 л.н.) [8]. Перекрывает почву конечно-моренный вал, принадлежащий левой лопасти ледника Азау.

Близость четырёх радиоуглеродных датировок погребённых почв в интервале 340–440 радиоуглеродных лет даёт основание выдвинуть гипотезу о периоде, благоприятном для почвообразования в высокогорьях Баксана, в частности, об ослаблении склоновых процессов, лавинной активности, отступании ледников (одна датировка), а возможно, о потеплении и уменьшении осадков, которые вызывали эти процессы. Однако возможно и альтернативное — «неклиматическое» объяснение этой синхронности. По данным Е.А. Рогожина [11], в это же время (350 ± 50 л.н.) на первой надпойменной террасе р. Юсеньги почвенный горизонт был перекрыт песчано-глинистыми озёрными отложениями, образовавшимися в результате сейсмогравитационной подруды. Сейсмообвалы в интервале 340–530 радиоуглеродных лет датированы по погребённым почвам

в верховьях рек Адырсу, Юсеньги и Баксан (к востоку от пос. Эльбрус) (см. табл. 3) [6].

Интересно, что и наша радиоуглеродная датировка погребённой почвы в долине Домбая (270 ± 50 л.н.) близка к датировке погребённой почвы, перекрытой обвальными отложениями и обнаруженной Е.А. Рогожиным в долине Баксана (290 ± 70 л.н.) [11]. Более того, две более древние датировки почв, погребённых в лавинных отложениях в Приэльбрусье (1420 ± 80 л.н. МГУ-750 [8] и 1280 ± 100 л.н. [11]; см. табл. 3), близки к датировкам сейсмообвалов (также по погребённым почвам) в долине Баксана (1440 ± 40 и 1400 ± 60 л.н.) [11]. Таким образом, нельзя исключить того, что прерывание почвообразования в нижних частях склонов и на голоценовых террасах в верховьях долин Приэльбрусья (270–290, 340–440 и 1280–1440 л.н.) связано с сейсмогенными процессами.

Заметим, что возраст почв, полученный радиоуглеродным методом, — минимальный и, как показало дендрохронологическое датирование, может отличаться от истинного на 100 лет и более. В нашем случае на конец интервала почвообразования достоверно указывает только дендрохронологическая дата в разрезе «Домбай» — 1670-е годы, которая определённо свидетельствует о времени гибели одного дерева и его захоронении одновременно с захоронением почвенного горизонта. Собственный возраст дерева — 120 лет — отражает время минимальной продолжительности стабильности субстрата, на котором оно росло, т.е. указывает на минимальную длительность процесса почвообразования. Время гибели дерева, погребённого в разрезе «Домбай» (конец 1670-х годов), почти совпадает с известным по историческим данным Терским землетрясением на северном склоне Большого Кавказа в 1688 ± 1 году. Его магнитуда в Приэльбрусье могла превышать 6,5 [11]. Не исключено, что несколько колец на периферии нашего дерева могли быть утрачены в процессе его транспортировки и уничтожены гниением, поэтому десятилетнее отличие этой датировки от времени Терского землетрясения не критично для сопоставления этих событий. Не исключено, однако, что процессы формирования, а затем и погребения почвы на периферии конуса выноса р. Аманауз были связаны не с сейсмоактивностью, а с динамикой оледенения в верховьях долины Аманауза. Так, наступание ледников в 1670-х годах могло привести к усилению их экзарационно-аккумулятивной деятельности. В результате могли увеличиться и речной сток, и селевая активность бассейна и, как следствие, изменилась конфигурация русла реки, в частности, активизировалось боковое русло и произошла гибель обнаруженного нами дерева. На наступание ледников на Кавказе в 1670-е годы указывают и ли-

хенометрические данные. Так, Н.А. Голодковская [4] на северном макросклоне Кавказа по лихенометрическим данным не выявила ни одной морены в интервале 1550–1670 гг. и одну морену датировала временем около 1550 г. Даже имея в виду возможные неточности лихенометрических датировок, это совпадение периодов отступления ледников в XVI — первой половине XVII вв. и их новой активизации в 1670-х годах служит некоторым аргументом в пользу достоверности предложенной нами схемы развития событий. Таким образом, и в данном случае, несмотря на более точные, по сравнению с радиоуглеродными, датировки событий, вопрос о том, что вызвало гибель дерева и захоронение погребённой почвы новой порцией рыхлых отложений, остаётся открытым. Не исключено также, что наступание ледников и активизация сейсмической деятельности в конце XVII в. связаны между собой.

Событие 1670–80-х годов в Домбае, совпадающее с радиоуглеродной датировкой почвы, обнаруженной под мореной ледника Азау и напрямую связанной с динамикой оледенения, логично было бы объяснить одновременностью наступаний ледников в двух указанных долинах. Однако это не так. О более древнем возрасте морены, перекрывающей почву в долине Баксан, свидетельствует возраст растущих на ней старых сосен (около 500 лет). Очевидно, что они выросли после образования морены, перекрывающей погребённую почву. Это морена, возможно, относится к XIII–XIV вв., что косвенно подтверждают возраст этих сосен, скорость процессов почвообразования и появление растительности на моренных отложениях, а также местоположение моренного вала, который лежит за пределами датированных морен XIX–XXI вв. Следовательно, возраст морены ледника Азау и возраст перекрытой ей почвы больше, чем возраст погребённой почвы в Домбае. Это подтверждает и сопоставление радиоуглеродных датировок этих почв по гуминовым кислотам (340 ± 95 л.н. в Азау и 140 ± 70 л.н. в Домбае). Обе эти датировки оказываются омоложенными, о чём свидетельствуют более точные дендрохронологические датировки (старше примерно 500 и 330 лет соответственно).

Проведённые исследования позволили установить, что и в Приэльбрусье, и в Домбае в последние два тысячелетия можно выделить три периода почвообразования: 270–290, 340–440 и 1280–1440 радиоуглеродных лет назад. Более точные дендрохронологические датировки показывают, что истинный возраст погребённых почв отличается от осреднённого радиоуглеродного на 100–200 лет. Так, последний этап прерывания процессов почвообразования (270–290 л.н.) датируется 1670–80-ми годами и, возможно, соотносится с землетрясением, зафиксированным в исторических источниках в 1688 ± 1 г. Сейсмогенные

отложения датированы для всех трёх выделенных интервалов. Причины прерывания процессов почвообразования в нижних частях склонов могут быть климатическими и/или сейсмическими. Это, однако, не исключает вывода о том, что благоприятные для почвообразования периоды в данном районе объясняются особенностями климатической обстановки, в частности уменьшением количества осадков, особенно экстремальных, во все сезоны года. Для окончательного решения вопроса о причинах прерывания процессов почвообразования в высокогорных районах Кавказа необходимо более подробно изучить соответствующие разрезы силами геоморфологов, гляциологов и специалистов в области сейсмологии и неотектоники. Очевидно, что при тёплом климате в местах, не затронутых сейсмообвалами, процесс почвообразования будет продолжаться.

Благодарности. Авторы признательны О.В. Рототай и Э.П. Зазовской за ценные советы при подготовке этой работы. Мы также благодарны В.В. Мацковскому и А.Д. Олейникову за дендрохронологические датировки и ценные консультации.

Литература

1. Бушуева И.С., Соломина О.Н. Колебания ледника Кашкаташ в XVII–XXI вв. по картографическим, дендрохронологическим и лихенометрическим данным // Лёд и Снег. 2012. № 2 (118). С. 121–130.
2. Возовик Ю.И., Салова Т.А. Палеодинамика лавин и селей в северном Приэльбрусье // МГИ. 1976. Вып. 25. С. 133–137.
3. Геодинамика, сейсмоструктура и вулканизм Северного Кавказа / Под ред. акад. Н.П. Лаврова. М.: изд. Минпромнауки РФ, 2001. С. 308–309.
4. Голодковская Н.А. Лихенометрия морен и динамика ледников северного макросклона Центрального Кавказа за последние 700 лет // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1981. № 6. С. 82–91.
5. Долгова Е.А., Соломина О.Н. Первая количественная реконструкция температуры воздуха теплого периода на Кавказе по дендрохронологическим данным // ДАН. 2010. Т. 431. № 2. С. 1–5.
6. Новейший и современный вулканизм на территории России / Ред. акад. Н.П. Лавров. М.: Наука, 2005. 608 с.
7. Оледенение Эльбруса / Под ред. проф. Г.К. Тушинского. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 15–75.
8. Олейников А.Д., Володичева Н.А. Об увеличении лавинных катастроф в районах деградации горного оледенения // МГИ. 2005. Вып. 99. С. 89–93.
9. Перов В.Ф., Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Колебания селевой активности и изменения климата в Приэльбрусье // Колебания климата за последнюю тысячу лет. Л.: Гидрометеоздат, 1988. С. 145–151.
10. Природные процессы на территории Кабардино-Балкарии // Гл. ред. акад. Н.П. Лавров. Москва–Нальчик: изд. ИГЕМ РАН, 2004. 439 с.
11. Рогожин Е.А. Реконструкция долговременного сейсмического режима с использованием палеосейсмологических данных // Экстремальные природные явления и катастрофы: Т. 1. Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений. М.: изд. ИГЕМ РАН, 2010. С. 44–65.
12. Родькин А.К. Палеопочвенные исследования в изучении динамики физико-географических условий голоцена // Ритмы гляциальных процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 56–79.
13. Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья (эволюция оледенения и селевой активности) // М.: Научный мир, 2001. 203 с.
14. Турманина В.И. Дендрохронология лавин в верховьях Баксанской долины // Ритмы гляциальных процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 24–55.
15. Турманина В.И. Растения рассказывают. М.: Мысль, 1987. 158 с.
16. Шиятов С. Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии // Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Ч. 1. Красноярск: изд. КрасГУ. 2000. 80 с.
17. Bronk Ramsey C. Comment on «The Use of Bayesian Statistics for 14C dates of chronologically ordered samples: a critical analysis» // Radiocarbon. 2000. № 42 (2). P. 199–202.
18. Stoffel M., Bollschweiler M. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview Nat. Hazards // Earth Syst. Sci. 2008. № 8. P. 187–202. www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/8/187/2008/.

Summary

Radiocarbon and tree-ring dating of the soil horizons, buried in the slope and fluvio-glacial deposits in Baksan and Teberda valleys, bring evidence of the reduction of the avalanche activity, stabilization of the slopes and soil formation on their surfaces. In the Baksan section three such horizons are identified, while in the Teberda section only one. The radiocarbon dates of the two thickest soil horizons in the Baksan section are 170 ± 50 BP (1650–1890 CE) and 380 ± 60 BP (1430–1650 CE). The dendrochronological date of the wood (after 1677) in the upper layer of the buried soil horizon in the in the Dombai section probably indicate the increase of the river runoff and debris flow activity in relation with the glacier advance in the upperstream of Ammanauz river. However it is also close to the Terskoye earth quake occurred in 1688. The radiocarbon dates of the buried soils cluster in three groups (270–290, 340–440, 1280–1440 yrs BP). It is possible that their burial is connected to the climatic (increase in precipitation, especially extreme ones) or seismic causes.