

Международная конференция

**СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ:
КАТАСТРОФЫ, РИСК,
ПРОГНОЗ, ЗАЩИТА**

**Пятигорск, Россия
22-29 сентября 2008 г.**



International Conference

**DEBRIS FLOWS:
DISASTERS, RISK,
FORECAST, PROTECTION**

**Pyatigorsk, Russia
22-29 September 2008**

ПУТЕВОДИТЕЛЬ

**к полемому семинару Международной конференции
«Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита»**

Приэльбрусье

26-28 сентября 2008 г.

Институт «Севкавгипроводхоз»

Пятигорск 2008

Составитель: А.М. Тарбеева
Под редакцией Э.В. Запорожченко и С.С. Черноморца

Использованы материалы:

1. *Гнездилов Ю.А.* Оценка гипотетического прорыва озера Башкара. ОАО «Севкавгипроводхоз». Пятигорск, 2006. 9 с.
2. *Запорожченко Э.В.* Сели бассейна реки Герхожан-Су: история проявления, условия формирования, энергетические характеристики. Сборник научных трудов ОАО «Севкавгипроводхоз». Выпуск 15. Пятигорск, 2002. С. 80-148.
3. *Запорожченко Э.В.* Река Гижгит – источник паводковой и селевой опасности для сооружений Тырнаузского горно-обогатительного комбината. В Сб.: Вопросы повышения эффективности строительства. Выпуск 2. Нальчик, 2004. С. 159-169.
4. *Запорожченко Э.В.* Северный Кавказ. Глобальное потепление и гляциальные сели // Мелиорация и водное хозяйство, № 2, 2007. С. 13-16.
5. *Короновский Н.В., Милановский Е.Е.* Происхождение вала Тюбеле в ущелье Баксана (Центральный Кавказ) // Вестник МГУ, сер. геол. 1960. № 5. С. 69-77.
6. *Крыленко И.В., Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С., Журавлева П.Г.* Динамика селевого бассейна р. Герхожан-Су (Кабардино-Балкария) после катастрофы в июле 2000 года. // Материалы гляциологических исследований, Выпуск 96, 2004. С. 159-166.
7. *Милановский Е.Е., Короновский Н.В.,* Геологическое строение и история формирования вулкана Эльбрус. «Труды ВАГТ», Выпуск 6, 1960.
8. Природопользование Приэльбрусья. М.: МГУ. 1992. 196 с.
9. *Сейнова И.Б., Золотарев Е.А.* Ледники и сели Приэльбрусья (Эволюция оледенения и селевой активности). М.: Научный мир, 2001. 204 с.
10. *Хаджиев М.М.* Оценка селевой опасности района г. Тырнауза. Автореф., канд. геогр. наук. Нальчик, ВГИ, 2005.
11. *Черноморец С.С., Петраков Д.А., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Тутубалина О.В., Алейников А.А., Тарбеева А.М.* Динамика ледниково-озерного комплекса Башкара и оценка селевой опасности в долине реки Адыл-Су (Кавказ). // Криосфера Земли, т. XI, № 1, 2007 г. С. 72-84.
12. *Черноморец С.С., Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Сейнова И.Б., Крыленко И.В.* Прорыв ледникового озера на северо-восточном склоне г. Эльбрус 11 августа 2006 г.: прогноз, событие и последствия. // Материалы гляциологических исследований, Выпуск 102, 2007 г. С. 211-215.
13. *Seinova I.B., Popovnin V.V., Zolotarev Y.A.* Intensification of Glacial Debris Flows in the Gerkhozhan River Basin, Caucasus, in the Late 20th Century. Landslide News. №14/15, 2003.
14. *Zaporozhchenko E.V.* Problems of Debris Flow in Russia: Past, Present and Future in the Changing Climatic Conditions at the beginning of the 21-th Century. Conference “Water Resource Systems Management under Extreme Conditions”. Moscow, 2008, pp. 606-607.

Авторы фотографий: Э.В. Запорожченко, А.Н. Капитанов, И.Н. Каргаполова, В.В. Крыленко, И.В. Крыленко, М.Ю. Никитин, И.Б. Сейнова, А.М. Тарбеева, О.В. Тутубалина, С.С. Черноморец, М.С.Шахмина

Космические снимки: ©2008 Google.

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951. с. 51).

Фотография на обложке А.М. Тарбеевой «Гора Джантуган»

Полевой семинар Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита» будет проводиться в Приэльбрусье 26-28 сентября 2008 г. Ниже дано описание маршрута этого семинара и основных остановок по маршруту. В соответствии с тематикой конференции основное внимание в Путеводителе уделено описанию селевых процессов и их последствий, селезащитным сооружениям. Приведены общие сведения о природных условиях Приэльбрусья с кратким историческим экскурсом, а также информация по вулканизму и оледенению территории, имеющие связь с развитием селевых процессов.

Участникам полевого семинара рекомендуется иметь трекинговую обувь и ветро-влагозащитную одежду.

Надеемся, что во время проведения полевого семинара погода будет благоприятной. Однако следует помнить, что температура воздуха наиболее холодного участка маршрута – склона г. Эльбрус – может опускаться до 0°C. Возможен ветер до 10-15 м/с, дождь.

Маршрут полевого семинара в Приэльбрусье начинается в г. Пятигорске и пролегает в юго-восточном направлении по предгорьям Северного Кавказа до города Баксан, расположенного на входе в Баксанское ущелье. Далее маршрут проходит в юго-западном направлении по долине р. Баксан, последовательно пересекая Лесистый, Пастбищный, Скалистый и Боковой хребты Главного Кавказа.

Предполагаются остановки: в районе с. Заюково у крупного оползня на правом берегу р. Баксан; в г. Тырнауз, пострадавшем от последнего катастрофического селя 2000 г.; в устьях других селевых притоков р. Баксан – ручьев Большой Мукулан, Малый Мукулан, Сагаевский. Будет совершен маршрут по одному из притоков р. Баксан – р. Адыл-Су, ее селеопасной долине с озерами у края Башкаринского ледника, а также на Чегетскую поляну. Последним предполагается посещение поляны Азау, расположенной у подножия вулкана Эльбрус. На склон г. Эльбрус будет организован подъем на канатной дороге.

Схема маршрута приведена на рисунке 1.

Остановка 1.	Село Заюково.	5
Остановка 2.	Город Тырнауз	10
Остановка 3.	Ручьи Большой и Малый Мукулан	13
Остановка 4.	Район вала Тюбеле	15
Остановка 5.	Ручей Сагаевский	17
Остановка 6.	Долина реки Адыл-Су	19
Остановка 7.	Чегетская поляна	22
Остановка 8.	Поляна Азау	22



Рис. 1. Схема маршрута по долине р. Баксан (подложка – снимок ©2008Google)

Приэльбрусье – часть Большого Кавказа от западных подступов к Эльбрусу до бассейна р. Чегем на востоке. Район Приэльбрусья расположен на южной границе РФ, административно – в Республике Кабардино-Балкарии. Южная граница проходит по Главному Кавказскому хребту. По нему Приэльбрусье граничит с Грузией, на западе – с Карачаево-Черкесией.

Высокогорные и горные районы Кабардино-Балкарии уже в I тысячелетии были заселены племенами, на основе которых в дальнейшем формировались балкарская и карачаевская народности. Карачаевцы и балкарцы – одни из древнейших жителей горной части Кавказа – ведут свое начало от слияния северокавказских племен с пришлыми ираноязычными и тюркоязычными. Некоторые ученые рассматривают их как две этнические группы одной народности. Балкарцы живут в высокогорных районах с восточной стороны Эльбруса, карачаевцы – на его западных отрогах. Кабардинцы появились здесь в XII-XIII веках. Их предки под названием зихов, керкетов и других происходят от одного корня адыгейских народов. Кабардинцы и называют себя адыге.

В годы Второй мировой войны в горах Приэльбрусья велись ожесточенные сражения. В силу своего символического значения как наивысшей точки Европы с августа 1942 г. по январь 1943 г. Эльбрус был ареной противостояния советских и немецких войск. В память об этих событиях на склоне горы Эльбрус на высоте 3450 м, в здании станции «Мир», создан Музей обороны Кавказа.

Двуглавый вулкан Эльбрус, возвышающийся над снежными вершинами Кавказа, издавна манил к себе путешественников. В середине XIX в. на него были совершены первые восхождения.

В годы СССР Приэльбрусье стало районом массовых восхождений-альпиниад, крупнейшая из которых (в 1967 г.) насчитывала 2400 участников. На Эльбрусе проводится подготовка и отбор альпинистов-спортсменов для участия в восхождениях на Эверест и другие вершины высотой более 7000 м.

В 1963 году в Приэльбрусье была введена в эксплуатацию первая канатно-кресельная дорога на гору Чегет. Началось активное развитие горнолыжного комплекса.

Вокруг Эльбруса организован национальный парк «Приэльбрусье». Тысячи россиян и иностранных туристов, альпинистов и горнолыжников приезжают сюда для активного отдыха в горах.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Современный облик Кавказских гор начал формироваться около 10 млн. лет назад в эпоху альпийского орогенеза. Горный пояс образовался в шовной зоне Скифской плиты и пододвигающегося под нее с юга Закавказского микроконтинента (Милановский, Короновский, 1960). Осевая часть Кавказских гор сложена гранитоидными породами (граниты, плагиограниты, биотитовые и лейкократовые граниты), внедрявшимися по глубинным разломам в осевой части центрального поднятия – мегантиклинория, сложенного метаморфическими и осадочными породами палеозоя. Крылья мегантиклинория образуют предгорья Кавказа и представляют собой куэсты, выраженные Лесистым, Пастбищным, Скалистым и Боковым хребтами. В результате непрерывного воздымания, высота гор в осевой части Главного Кавказского хребта достигла 4-5 тыс. метров. Центральный Кавказ, расположенный между вулканами Эльбрус и Казбек, является областью максимальной амплитуды движений. Современные скорости воздымания составляют здесь до 10-12 мм/год.

С интенсивным проявлением глубинных процессов Земли в узловой зоне пересечения крупнейших Кавказских разломов (южного Штулу-Харезского, северного Пшекиш-Тырныузского и западного Эльбрусского) связано формирование Эльбрусского вулканического центра (на последних этапах альпийского орогенеза). Сейчас Эльбрус представляет собой потухший вулкан, последние извержения которого происходили в историческое время.

Рельеф Кавказских гор сильно преобразован деятельностью ледников. Многие вершины представляют собой карлинги, долины рек Приэльбрусья – трог древних ледников. Верховья долин заполнены моренами, а также селевыми и склоновыми отложениями периодов потепления.

Приэльбрусье – один из наиболее мощных центров современного оледенения Кавказа. Этому способствует общая северная экспозиция склонов и достаточно большое количество осадков – от 800 до 1500 мм. Из ледников Эльбруса берет начало р. Баксан – один из самых крупных притоков р. Терек. Общее количество ледников бассейна верхнего Баксана около 150 (Каталог ледников, 1970). Их основную массу составляют долинные ледники и ледники конических вершин (Эльбруса). По количеству преобладают висячие и каровые ледники.

Нижняя граница распространения современных ледников проходит на высоте 2700-3500 м. На высотах 2100-3100 м расположены альпийские и субальпийские луга. Верхняя граница леса на северном склоне Большого Кавказа в среднем располагается на высотах 2200-2400 м. Характерны сосновые леса с участками березового криволесья на лавинных склонах.

Во время крупнейшей фазы плейстоценового оледенения Кавказские горы находились под мощным ледяным покровом. Таяние и освобождение поверхности от ледников способствовало активизации внутренних движений земной коры, что сопровождалось землетрясениями, извержениями вулканов, мощными склоновыми, селевыми и русловыми процессами.

Сохранившиеся следы селевых катастроф относятся к историческим стадиям оледенения, главным образом к периоду деградации малого ледникового периода (максимум оледенения в XVII-XIX вв.), продолжающегося и по настоящее время.

За последние 150 лет оледенение Кавказа сократилось ~ на 50%. Это привело к образованию массивов мертвых льдов, приледниковых озер, а также активизации селевых и склоновых процессов (Природопользование Приэльбрусья, 1992). Наиболее активные процессы деградации проявились в последние 50 лет (Zaporozhchenko, 2008). С ними связаны катастрофические селевые события: 1983 г. (а/л Джайлык), 2000 г. (г. Тырнауз), 2002 г. (Кармадон), 2006 г. (Джылы-Су), 2007 г. (с. Булунгу)

Остановка 1.

СЕЛО ЗАЮКОВО

Проявление оползневых процессов в долине р. Баксан в районе с. Заюково стоит в ряду неординарных природных явлений, произошедших в конце XX – начале XXI века на Северном Кавказе.

24 мая 2005 года в 23 ч. 30 мин. на правом борту долины р. Баксан на участке против устья левого притока – р. Гунделен – произошла подвижка части древнеоползневого массива (рис. 2, 3). Объем оползневого тела составил 9 – 10 млн. м³, площадь – 0,62 км², протяженность подошвы вдоль русла р. Баксан – 1100 м, ширина – до 750 м, мощность оползневых отложений – до 20-30 м.

Оползень сформировался на залесенном склоне северо-западной экспозиции крутизной 15-30°, занимает практически всю поверхность склона от водораздела до подошвы, его базисом является бывшее русло р. Баксан. Судя по тому, что жители села Заюково не помнят о подобных катастрофах, а склоны массива покрыты лесом, можно предположить, что последнее крупное смещение произошло здесь не менее 100 лет назад.

Движение оползневого тела происходило по пласту черных глин в кровле альбского яруса верхнего мела (K_{1al}). Основной деформирующий горизонт представлен карбонатной толщей туронского, коньякского и сантонского ярусов верхнего мела (K_{2t}, k, st), сложенной известняками с редкими прослоями мергелей и глин (рис. 4).

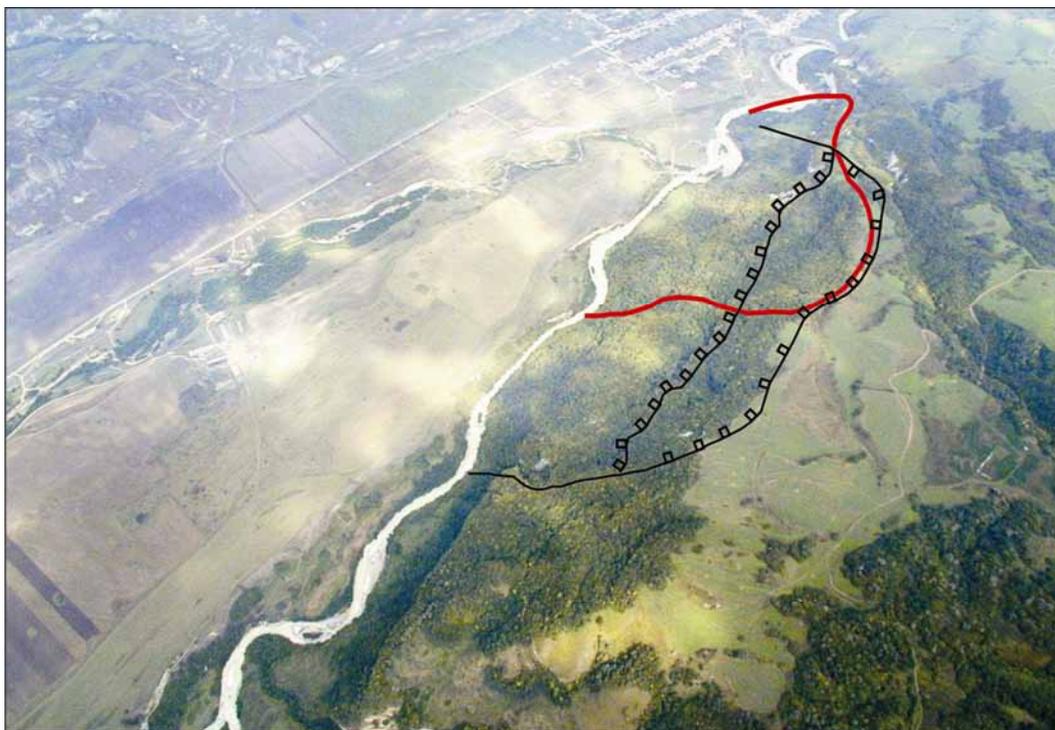


Рисунок 2. Долина р.Баксан в районе западной окраины с.Заюково

— граница древнего оползневого массива

— древние стенки срыва

— граница смещений 24 мая 2005 г.

(фото ТЦ ГМСН «Каббалкгеомониторинг» от 22.09.2000 г., с вертолёта)



Рисунок 3. Центральная часть оползня с двумя скальными стенками срыва
(фото ТЦ ГМСН «Каббалкгеомониторинг» по состоянию на 25.05.2005 г.)

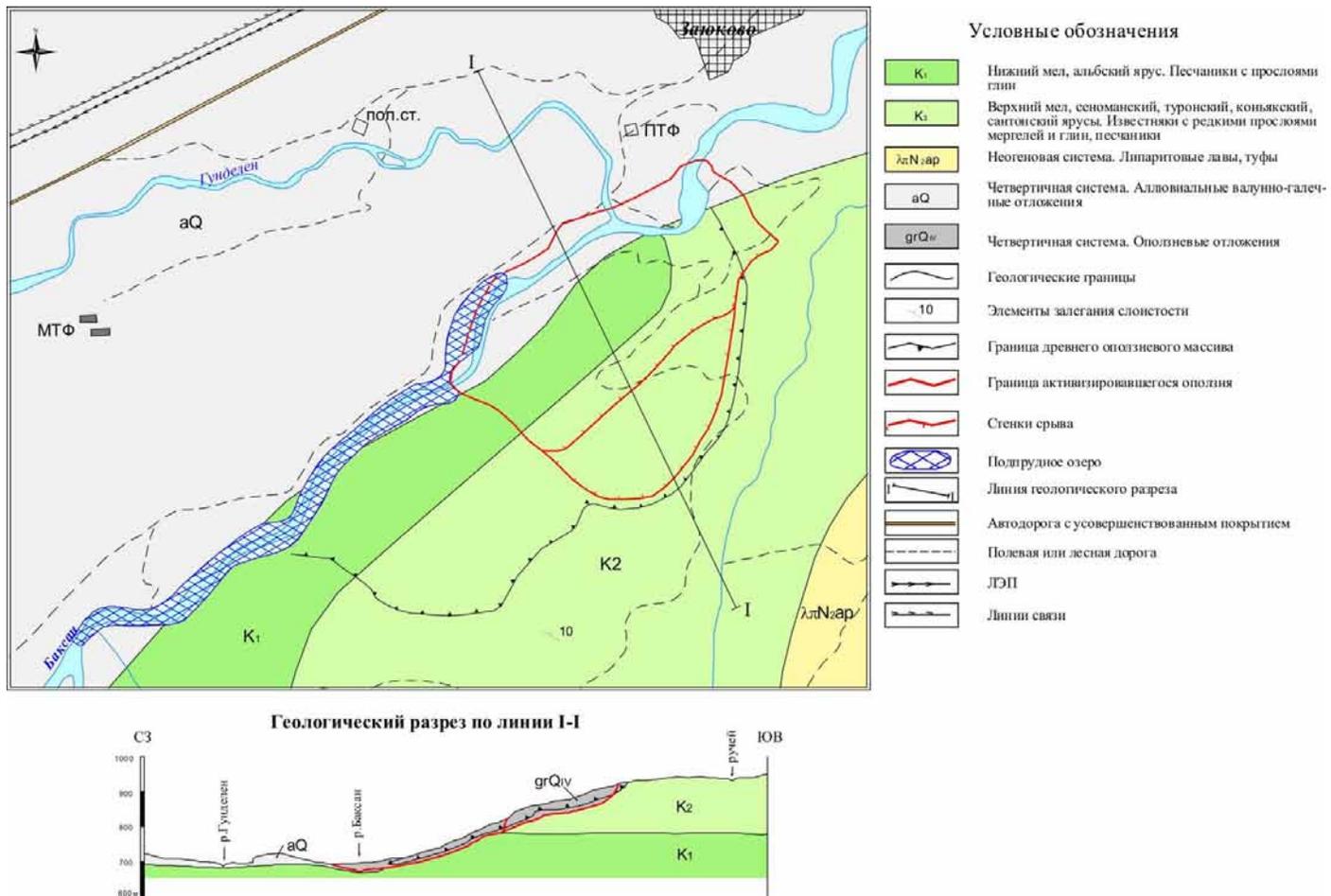


Рис.4. Геологическая карта района Заюковского оползня в долине р. Баксан (по А.Ф. Барановскому)

24.05.2008 г. осадков не наблюдалось. Сильные ливни прошли в конце апреля, когда за 4 дня выпала месячная норма осадков (45,6 мм). В первой половине мая (с 1-го по 16-е) дожди шли ежедневно и их сумма также была в пределах месячной нормы (109,1 мм). Гравитационное смещение возможно было спровоцировано сейсмическим толчком силой 5 баллов, зафиксированным 24 мая 2005 г в Дагестане.

В результате смещения оползневых масс русло р.Баксан на протяжении 700 м было запружено, а сама река отгеснена к северо-западу на расстояние до 150 м. У оползневого завала (плотины), высота которого составила около 20 метров, образовалось подпрудное озеро, протяженностью 1750 м, площадью ~ 130 тыс.м². При средней глубине озера ~ 6 м, объем скопившейся в нем воды достиг 780 тыс.м³.

При быстром сбросе водных масс существовала вероятность формирования волны наносоводного потока или водо-каменного селя, угрожающей с. Заюково и другим населенным пунктам. Однако спуск озера происходил естественным путем постепенно, за сутки уровень воды понизился на 3 метра (рис. 5, 6 и 7).



Рис. 5. 26.06.2008 г. Быстроток в русле р. Баксан на участке размытой завальной оползневой плотины (фото Э.Запорожченко)

Оползнем было разрушено 250 метров газопровода высокого давления, в результате чего на несколько дней без газоснабжения остался ряд населенных пунктов Эльбрусского района. Уничтожено около 1000 м грунтовой автодороги.



Рис. 6. 26.06.2008 г. В нижнем бьефе завальной оползневой плотины р. Баксан (фото Э.Запорожченко)



Рис. 7. 26.06.2008 г. И через три года после оползневое смещения русло р. Баксан в верхнем бьефе бывшей завальной плотины находится в подпруженном состоянии (фото Э. Запорожченко)

Остановка 2.

ГОРОД ТЫРНЫАУЗ

Город Тырнауаз расположен в 89 км к юго-западу от Нальчика, в долине р. Баксан в месте впадения ее правого притока р. Герхожан-Су и левого притока р. Камык. В связи с открытием в 1934 г. Тырнауазского месторождения вольфрамово-молибденовых руд на месте балкарского села Кирхожан был основан поселок Тырнауаз. Позже поселок был переименован в Нижний Баксан, а с получением статуса города в 1955 г. ему вернули прежнее название Тырнауаз, что на балкарском языке означает «тесное ущелье». Современная территория – 37 км². Численность населения на 2007 г. – 20,2 тыс. жителей.

Большая часть города расположена на конусе выноса реки Герхожан-Су – одной из наиболее селеопасных рек Кабардино-Балкарии (Запороженко, 2002): разрушительные селевые потоки отмечались в 1937, 1960, 1961, 1962, 1977, 1999 и 2000 годах (Seinova et al., 2003) (рис. 8).



Рис. 8. Сход селя в 2000 г. (снимок с вертолета М.Ю. Никитина)

Сели долины Герхожан-Су имеют гляциальный генезис. Главные очаги зарождения селей – комплекс моренных отложений и флювиогляциальных образований современного и исторических стадий оледенения, расположенные на высотных отметках 2900-3500 м в верховьях рек Каяарты-Су и Сакашили-Су – двух составляющих р. Герхожан-Су. Предварительная подготовка селевого процесса происходит в результате накопления талых ледниковых вод в озерах – зандрах и их последующего прорыва. Талые воды, увлажняя моренный материал, подготавливают процесс селеформирования. 90% случаев селепроявлений проходит в течение июля-августа. Максимальный объем селевых выносов р. Герхожан-Су оценивается в 3-4 млн. м³ (Крыленко и др., 2004).

Первый сель на пос. Тырнауаз сошел в 1937 г., почти сразу после его основания. Сель разрушил автодорожный мост.

Рост города Тырнауза в 40-50 гг. совпал с периодом слабой селевой активности. К 1960 г. конус выноса р.Герхожан-Су был почти полностью застроен многоэтажными зданиями. Селевые потоки 60-х годов прошли прямо по городу.

После схода селей 1960 и 1961 гг. было принято решение о строительстве селепропускного канала-лотка, проект которого ОАО «Севкавгипроводхоз» разработал еще в 1957 г. Лоток, однако, достроен не был – были не закончены ~ 500 м конечного участка его вывода к р. Баксан. В августе 1977 г. он выполнил свою функцию селепропускной магистрали, защитив крупный городской район. Пострадала одна улица в пойме р. Баксан, прилегавшая к незавершенному конечному участку лотка.

После разрушений в 1977 г. лоток был восстановлен и реконструирован к 1983 г., но уже по другому проекту (институт «Армнипроцветмет»). При этом реконструкция состояла в устройстве через 15 м по руслу поперечных железобетонных балок (шпор), что противоречило идеологии первоначального проекта.

В 1987 г. в 3 км выше города на р. Герхожан-Су началось строительство плотины из сборных железобетонных конструкций. Проектная («Армнипроцветмет») высота плотины – 30 м.

Строительство велось 12 лет и завершилось летом 1999 г. В августе того же года плотина была разрушена селевым потоком (рис. 9).



Рис. 9. Разрушенная селем 1999 г. плотина на р. Герхожан-Су
(фото И.Б. Сейновой)

Наиболее мощные за всю историю Тырнауза оказались сели 18-25 июля 2000 г. Сель 2000 г. привел к человеческим жертвам. Было разрушено несколько многоквартирных домов (рис. 10).

Причина катастрофических последствий заключалась не только в природных, но и в техногенных факторах. После селя 1999 г. селепропускной лоток не был расчищен и, поэтому не мог пропустить ожидаемый расход. При выходе материала селя за отметки верха селепропускного лотка пострадал девятиэтажный жилой дом, построенный вблизи канала на повороте русла. При впадении реки Герхожан-Су в реку Баксан произошло образование подпрудного озера, площадью 0,55 км². Центральная часть города была затоплена на протяжении около двух месяцев слоем воды в 3-4 м.



Рис. 10. Жилой дом в г. Тырныаузе, подвергающийся воздействию селевого потока 2000 г. (фото С.С. Черноморца)

Реконструкция селепропускного лотка по проекту ОАО «Севкавгипроводхоз» заканчивается в 2008 г. (рис. 11).

Для верховий р. Герхожан-Су характерны практически неограниченные мощности рыхлого материала. Селевая опасность для г. Тырныауза сохраняется.



Рис. 11. Работы по реконструкции селепропускного лотка в устье р. Герхожан-Су (фото С.С. Черноморца)

На левом берегу р. Баксан против устья р. Герхожан-Су впадает другой селеопасный приток Баксана – р. Камык (Запорожченко, 2004). Длина ручья составляет 8,5 км, площадь водосбора 24,2 км². Объемы выноса достигают 50-100 тыс. м³. Сели по р. Камык наблюдались в 1967 и 1977 гг. и имели ливневой генезис.

В верховьях р. Камык длительное время производилось складирование отвалов Тырныузского горно-обогатительного комбината.

Сход селей по р. Камык, также как и по р. Герхожан-Су, приводит к подпруживанию р. Баксан. Для защиты города ОАО «Севкавгипроводхоз» составлен и в 2006 г. утвержден проект устьевый селепротусный лотка.

Остановка 3.

РУЧЬИ БОЛЬШОЙ И МАЛЫЙ МУКУЛАН

Ручьи Большой и Малый Мукулан впадают в р. Баксан с левого борта долины соответственно в 130 и в 132,5 км от ее устья, в 1,5 и в 4 км выше г. Тырныуза. Бассейны Большого и Малого Мукулана имеют площади водосбора 5,2 и 2 км² и расположены на склоне юго-восточной экспозиции Передового хребта. Ниже устья ручья Бол. Мукулан впадает правый приток р. Баксан – река Тютю-Су, также являющаяся селеопасной.

С 1968 по 1994 гг. Тырныузским горно-обогатительным комбинатом на Мукуланском карьере, расположенном на отрогах Передового хребта, велись открытые горные работы. Бассейны ручьев на протяжении 20 лет использовались под складирование вскрышных пород рудника (рис. 12).



Рис. 12. Отвалы Тырныузского комбината в бассейны руч. Большой и Малый Мукуланы (снимок с вертолета Ю.Н. Никитина)

Основной объем вскрышных пород размещен в бассейне Бол. Мукулана. Отвалы представлены глыбово-щебнистым материалом с супесчаным заполнителем. Мощность отвалов в

долине Бол. Мукулана достигает 300 м. Общий объем отвалов, накопившийся за период разработки Мукуланского карьера ~ 440 млн. м³ (Сейнова, Золотарев, 2001; Хаджиев, 2005).

Технология наращивания отвального массива обеспечивает им достаточную устойчивость в сухом состоянии. Под воздействием атмосферных осадков происходит размыв рыхлосложенных масс, образуются эрозионные врезы глубиной до 5 м и шириной до 10 м, являющиеся средой зарождения селевых потоков (рис. 13). В устьях обоих ручьев сформировались мощные конусы выноса, выходящие в русло Баксана (рис. 14).



Рис. 13. Отвальные породы в бассейне руч. Мал. Мукулан (фото С.С. Черноморца)



Рис. 14. Техногенный конус выноса руч. Мал. Мукулан (фото И.Н. Каргаполовой)

В естественных условиях (до начала разработок открытого карьера в 1968-69 гг.) формирование селей происходило только при интенсивных ливнях (более 50 мм), повторяемостью 1 раз в 30 лет. Объемы выносов не превышали 50-100 тыс. м³ ввиду ограниченных запасов рыхлого материала на склонах. По Мал. Мукулану сели не проходили.

Сели р.Тютю-Су имеют ледниково-дождевой генезис. Максимальный объем выноса 100-500 тыс. км², повторяемость – раз в 20 лет. В 1934 г. наблюдался одновременный сход селей по Бол. Мукулану и р. Тютю-Су, подпрудивших на время русло р. Баксан.

С началом разработки карьера частота схода селей начала возрастать. Количество техногенных селей достигало 20-ти раз в год. В 1970-1972 гг. сели на Бол. и Мал. Мукулане повторялись неоднократно, в связи с чем дорогу перенесли на правый берег и провели по селевому конусу выноса р.Тютю-Су.

В 1984 г. объем выноса техногенного селя из Б. Мукулана составил 150 м³. Сель разрушил автодорожный мост и перекрыл шоссеюную дорогу, приостановив движение между г. Тырнаузом и пос. Терскол.

В 1985 г. для защиты от техногенных селей Бол. Мукулана по периферии конуса выноса был прорыт земляной канал под закладку автодорожного тоннеля. В этом же году котлован стал заполняться наносами многократно сходящихся селей, строительные работы были остановлены. В течение 1985-86 гг. котлован служил ловушкой, перехватывающей объем твердой составляющей селей и защищающей дорогу от заносов. Когда котлован наполнился так, что грязевая масса стала заливать дорогу, был построен новый автодорожный мост.

Несмотря на то, что в 1994 г. работы на Мукуланском карьере были прекращены, селевая активность бассейнов Бол. и Мал. Мукулана продолжает оставаться высокой.

В последние годы селевые потоки наблюдались: 4 марта 2004 г. по р. Б. Мукулан – 45-50 тыс. м³; по р. М. Мукулан – более 100 тыс. м³ с перекрытием русла р. Баксан; 15 марта 2005 г. – по р. Б. Мукулан 60-65 тыс. м³; по р. М. Мукулан – 40 тыс. м³.

С 1968 г. в районе Мукуланского карьера не было зафиксировано ни одного ливня, близкого по параметрам к экстремальному, наблюдавшемуся здесь 5 августа 1967 г. При повторении такого ливня (85,9 мм, с максимальной интенсивностью 0,4 мм/мин), следует ожидать схода катастрофического селя.

Остановка 4.

РАЙОН ВАЛА ТЮБЕЛЕ

В долине р. Баксан, недалеко от пос. Нейтрино (25 км от истока) расположено естественное валообразование, получившее название «Тюбеле», от тюркского «тюбеле» – вал (рис. 15, 16), сложенное крупно-глыбовым материалом. Вал перегораживает всю долину, у правого борта прорезан современным руслом р. Баксан. Высота его достигает 150-200 м над дном долины, длина – 600-700 м, ширина – 400-500 м.

Образование этого рельефного элемента связывают с обвалом, сошедшим с массива гор Андырчи и Курымычи (высота около 4000 м) в конце позднего плейстоцена, примерно 30 тыс. лет назад (*Короновский, Милановский, 1960*). Причиной обвала, по-видимому, было землетрясение. Глыбы серых гранитов перекрыли концевую часть ледника и на несколько десятков метров «выплеснулись» вверх на противоположный склон долины. Выше по течению реки от обвала во время таяния ледника образовалось озеро, которое впоследствии было спущено.



Рис. 15. Вал Тюбеле в долине р. Баксан (фото С.С.Черноморца)

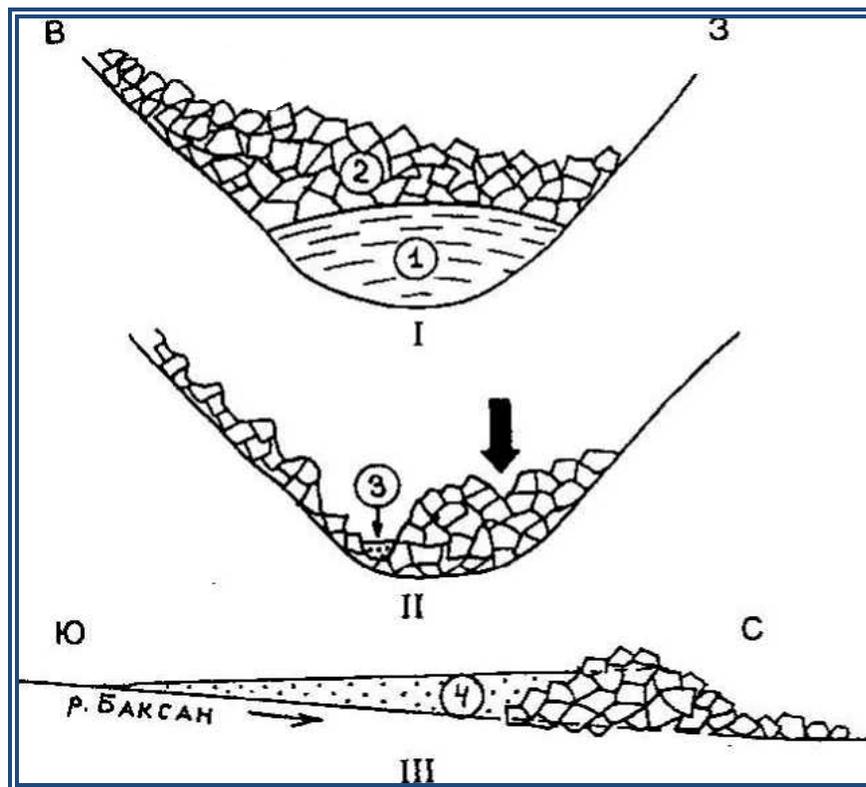


Рис. 16. Формирование вала Тюбеле
(по Н.В. Короновскому и Е.Е. Милановскому, 1960).

I - верхнеплейстоценовый ледник в долине Баксана перекрыт обвалом гранитных глыб с г. Андырчи: **1** - ледник, **2** обвал; **II** - ледник отступил и обвальная масса осела: **3** – современное русло р.Баксан. Черная жирная стрелка - место прорыва озера; **III** - поперечный профиль обвала, выше которого сформировалось озеро (**4**), впоследствии спущенное.

10.03.2006 г. по одному из лавинных кулуаров массива горы Андырчи произошел сход снежной лавины объемом около 500 тыс. м³. Лавина сошла на вспомогательные строения Баксанской нейтринной обсерватории в районе пос. Нейтрино (рис. 17).

Ею было разрушено двухэтажное здание военизированной горно-спасательной части, погибло три человека. Разрушена и погребена под 8-метровым снежным завалом теплоцентраль, идущая к поселку Нейтрино, нарушено теплоснабжение 22 жилых домов (610 человек). Снежную массу вынесло на другую сторону ущелья через р. Баксан, была снесена остановка автобуса и несколько хозяйственных построек.



Рис. 17. Лавина, сошедшая с г. Андырчи 10.03.2006 (фото И.В. Крыленко)

Остановка 5.

РУЧЕЙ САГАЕВСКИЙ

Сагаевский ручей – правый приток реки Баксан, впадающий в 151,5 км от ее устья, ниже пос. Эльбрус. Площадь водосбора составляет 2,5 км². Средний уклон – 25°.

Сагаевский ручей является одним из наиболее активных селевых притоков р. Баксан. Сели по нему сходят 1 раз в 4 года, а объем выносов достигает 300 тыс. м³. Бывают периоды, когда очаг срабатывает через год, два или три года. Затем могут следовать перерывы до 10 и более лет. После длительного перерыва, как правило, сходят сели наибольшей мощности. По бассейну ручья Сагаевского зафиксированы сходы селевых потоков в 1967, 1972, 1979, 1981, 1984, 1995 и 2003 гг.

Высокая селевая активность Сагаевского бассейна связана с большими запасами рыхлообломочного материала (~ 2,5 млн. м³), накопившимися в результате процессов нивации. Формирования селей имеет эрозионно-сдвиговой механизм.

В устье Сагаевского ручья – мощный конус выноса (рис. 18). Его основной объем сформировался на начальной стадии деградации оледенения малого ледникового периода. Древняя часть конуса выноса, с мощностью отложений до 50 м, наложена на террасу р. Баксан и прорезана каньоном средней глубиной 10 м. Ниже формируется современный селевой конус, оттесняющий русло Баксана к подошве левого склона. Общая площадь конуса составляет 0,70 км², современного – 0,15 км², постоянно увеличивается.

Селевые потоки в бассейне Сагаевского ручья образуются при ливневых осадках.

В русле формируется паводок, нарастающий от истоков к устью. Вызываемая им эрозия в русле служит причиной подрезки склонов и формирования оползня, перегораживающего русло. Прорыв образовавшей подпруды – триггерный механизм для русловых процессов в нижнем бьефе.



Рис. 18. Конус выноса ручья Сагаевского (фото А.М.Тарбеевой)

Днище Сагаевского ручья является одновременно лотком одной из крупнейших лавин, оказывающей влияние и на формирование селей. После экстремально многоснежных зим лавинный снег в русле консервирует рыхлые отложения, препятствуя образованию селевых потоков.

Лавины и селевые потоки Сагаевского ручья выходят на конус выноса, на котором расположены окраины пос. Эльбрус и автодорога. Периодические заваливания селевой массой дороги Тырнауз – Терскोल устраняются эксплуатационной расчисткой (рис. 19).



Рис. 19. Расчистка автодороги по конусу выноса руч. Сагаевского после селя 2003 г. (фото С.С.Черноморца)

Остановка 6.

ДОЛИНА РЕКИ АДЫЛ-СУ

Долину Адыл-Су – правого притока р. Баксан – окружают вершины-четырёхтысячники: Джантуган, Башкара, Уллукара, Пик Кавказа, Шхельда, расположенные на Главном Кавказском хребте. Здесь находятся альпбазы «Шхельда» и «Джан-Туган», базы отдыха, кемпинговый лагерь. В верховьях долины вблизи языка ледника Джанкуат расположена Гляциологическая станция географического факультета МГУ, где более 30 лет ведутся стационарные наблюдения.

Благоприятное сочетание орографического и циркуляционно-климатического факторов определили развитие в долине Адыл-Су мощного оледенения, занимающего в настоящее время 20% общей площади бассейна. В голоцене самый большой ледник долины р. Шхельда выходил в долину р. Баксан. Ныне оледенение долины р. Адыл-Су, как и всего Кавказа, находится на стадии деградации. В результате у края правой ветви языка Башкаринского ледника возникло одноименное озеро.

Появление озера относится, вероятно, к концу 1930-х – началу 1940-х гг. Оно занимало менее половины от площади современного озера. Его северная половина располагалась на древней морене, а южная и дно – на льду. Уровень был гипсометрически выше современного. Под языком левой ветви Башкаринского ледника существовало второе, меньшее по размеру озеро, дававшее исток реке.

Летом 1958 и 1959 гг. были зафиксированы «прорывы» озера Башкара, вызвавшие формирование селевых потоков. Вероятно причиной спуска озера было разрушение ледяной подпруды и прорыв грота в теле ледника ниже уровня воды в озере. После схода селя уровень воды в озере упал примерно на 2 м. Было спущено и нижнее озеро, находившееся на пути прорыва у края основной ветви ледника. Объем первоначального водного импульса оценивался в 60 тыс. м³, а объем селевых отложений за 1958-1959 гг. – в 2 млн. м³.

Следы двух селевых потоков 1958 г. и 1959 г. наблюдаются в среднем течении р. Адыл-Су, выше альплагеря «Джан-Туган», в виде поля аккумуляции крупновалунных селевых отложений (рис. 20). Объем воды, участвующий в переносе селевых отложений с плотностью ~1500 кг/м³ и аккумуляировавшихся в средней части долины р. Адыл-Су (на так называемой «Джантуганской поляне»), около 300-600 тыс. м³.

Ныне у края Башкаринского ледника находится система озер, состоящая из озера Главная Башкара, расположенного в моренной петле правой ветви ледника и озера Лапа, расположенного ниже, за конечной мореной левой ветви ледника Башкара (рис. 21). Максимальная глубина озера Гл. Башкара составляет 34 м. Объем последних лет – от 751 до 786 тыс. м³. Площадь зеркала в среднем – 64 тыс. м².

Озеро Лапа образовалось при объединении нескольких озер, имеет существенно меньшие размеры, но его площадь растет с каждым годом за счет таяния прилегающей части ледника. Объем воды с 2001 по 2006 г. увеличился с 30 тыс. м³ до 127 тыс. м³ и становится сопоставимым с объемом оз. Башкара перед 1958 г.

В настоящее время наибольшую потенциальную опасность представляет озеро Главная Башкара. У озера нет выраженного канала стока. Вода частично фильтруется, частично идет по подледным каналам стока в сильно заморенной части языка ледника Башкара, подверженной многочисленным термокарстовым просадкам. Последние способствуют уменьшению ширины ледовой перемычки между верхним и нижним озерами.

По оценкам (Черноморец и др., 2007 г., максимальный расход возможного прорывного паводка может составить ~150 м³/с, соответствующий ему расход водокаменного селя ниже по долине ~300 м³/с. Ю.А. Гнездилов оценивает Q_с, приходящего к оз. Лапа, в 134 м³/с, к створу а/б «Джантуган» – 184-322 м³/с, а/б «Эльбрус» – 164-274 м³/с, устью р. Шхельда – 156-257 м³/с, устью р. Адыл-Су – 115-221 м³/с (в зависимости от принятой модели расчета).



Рис. 20. Поле аккумуляции селевых отложений выше альпбазы «Джантуган»
(фото С.С.Черноморца)



Рис. 21. Ледник Башкара и Башкаринские озера (фото В.В. Крыленко)

26 июня 2008 г. при высоте сдерживающей озеро ледово-моренной перемычки (в низшем месте) 2,2 м и ширине – 20 м, открывалась фильтрация в ледовый грот, расположенный ~ в 35 м от уреза воды в озере (рис. 22, 23), а 17 июля 2008 г. начался открытый перелив в него.



Рис. 22. 26.06.2008 г. Главное озеро Башкара. 1- грот, 2-ледово-моренная перемычка
(фото Э. Запорожченко)



Рис. 23.26.06.2008 г. Грот ~ в 35 м от уреза воды в главном озере Башкара
(фото Э. Запорожченко)

Остановка 7.

ЧЕГЕТСКАЯ ПОЛЯНА

На правом борту долины р. Донгуз-Орун – правого притока Баксана – расположен горнолыжный склон горы Чегет, на левом – гора Когутайбаши (3819 м), с которой спускается ледник Когутай. Между ними, в днище долины р. Донгуз-Орун, находится Чегетская поляна. В горнолыжный сезон на ней собирается одновременно до 1,5 тыс. человек.

После сильных снегопадов в каре ледника Когутай и в кулуаре его правого притока накапливается до 1 млн. м³ снега. В 1987 г. с горы Когутай сошла лавина, которая полностью завалила Чегетскую поляну. Лавина ударила в гостиницу «Чегет».

Специалисты противолавинной службы во время сильных снегопадов спускают накопившийся снег небольшими объемами, иначе все постройки Чегетской поляны оказались бы под снегом.

Чегетская поляна интенсивно застраивается. Так, прямо на пути возможного схода лавины, построено кафе «Когутай» (рис. 24).

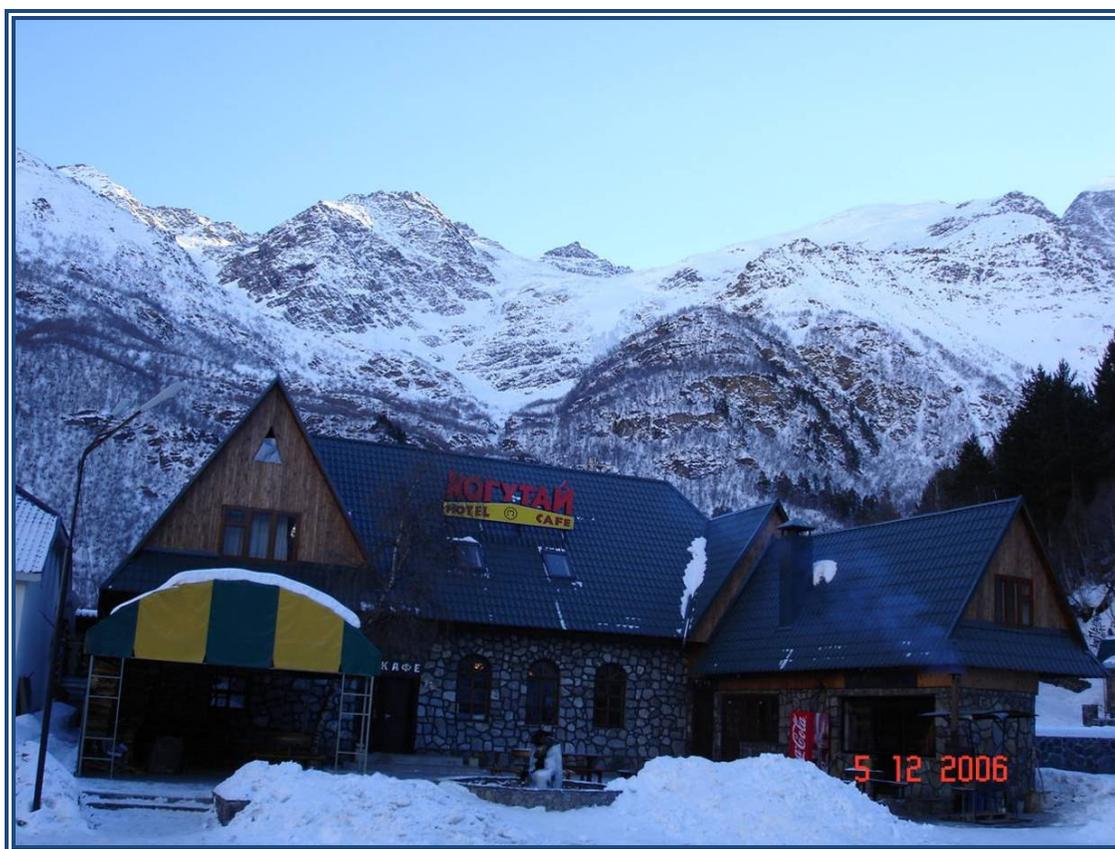


Рис. 24. Кафе «Когутай» (фото О.В. Тутубалиной)

Остановка 8.

ПОЛЯНА АЗАУ

Вулкан Эльбрус (Минги-Тау — вечная гора, карачаево-балкарское; Ошхамахо — гора счастья, адыгское) высотой 5642 м, является высочайшей вершиной Кавказа, России и Европы.

Первое зарегистрированное восхождение было совершено в 1829 г. экспедицией Русского географического общества под руководством генерала Г.А. Эмануэля. Тогда первым на восточную вершину Эльбруса взойшел кабардинец Килар Хаширов. На западную, более высокую вершину, взойшли в 1868 г. английские альпинисты во главе с Дугласом Фрешфильдом и проводником-

балкарцем Ахием Соттаевым. В 1890 г. А.В. Пастухов – русский военный топограф и альпинист, поднялся на западную и восточную вершины, положив начало научному изучению Эльбруса.

Наиболее масштабные исследования на Эльбрусе проводились в 1957-1959 гг. во время Международного Геофизического года, в течение которого в пос. Терскол, у подножия южного склона Эльбруса, был создан полевой стационар для проведения комплексных гляциологических наблюдений.

В 1969 г. у подножия Эльбруса на поляне Азау была открыта Эльбрусская учебно-научная станция географического факультета МГУ им. Г.К. Тушинского (рис. 25).



Рис. 25. Эльбрусская учебно-научная станция географического факультета МГУ (фото С.С. Черноморца)

На склон Эльбруса можно подняться по канатным дорогам. Канатная дорога современного типа была открыта в декабре 2006 г.

Вулкан Эльбрус возвышается на 2-2,5 км на цоколе изверженных пород. Имеет почти коническую форму, усеченную на высоте 5300-5400 м, где расположены его две вершины (рис. 26). Восточная (5621 м) вершина более молодая (рис. 27).

Вулканическая структура Эльбруса сформировалась при многократных извержениях на последних этапах альпийского орогенеза (*Милановский, Короновский, 1960*). Основание вулкана сложено кислыми эффузивными породами (липаритами, дацитами, игнимбритами).

Вулканическая активность Эльбруса имеет тесную связь с деградацией оледенения. Таяние и освобождение земной поверхности от ледников способствовало активизации внутренних движений земной коры, что сопровождалось землетрясениями, извержениями, мощными склоновыми, селевыми и русловыми процессами.

Наибольшие извержения и селевые потоки происходили во время деградации максимального оледенения среднего плейстоцена. Селевые отложения этого периода мощностью до 10-12 м вскрываются в разрезах террас р. Баксан на расстоянии более 100 км от истока (Баксанская ГЭС).

В межледниковье верхнего плейстоцена (около 200 тыс. лет назад) произошло формирование западной вершины Эльбруса, в начале голоценового периода возник его восточный конус.



Рис. 26. Эльбрус со склонов г. Чегет (фото А.М. Тарбеевой)



Рис. 27. Кратер восточной вершины Эльбруса (фото А.М. Тарбеевой)

Последнее мощное проявление вулканизма по всей территории Кавказа произошло 5-7 тыс. лет назад. Излияния голоценовых лав приурочивались преимущественно к северному и южному склонам Эльбруса. Потоки голоценовых лав имеют вид языков шириной до 500 м и длиной до

5 км («скалы Пастухова»). Такая форма обусловлена значительной вязкостью андезито-дацитовый лавы, текущей узким высоким валом.

На стадии затухания вулканической деятельности, уже на восточном склоне голоценового (восточного) конуса Эльбруса, функционировал «паразитический» кратер. Согласно косвенным данным последнее извержение из него произошло 1500-2000 лет назад.

Ныне Эльбрус находится на стадии относительного покоя, представляя собой мощный центр современного оледенения площадью около 128 км². Оледенения Эльбруса, как и всего Кавказа в целом, в последние десятилетия интенсивно сокращается, что сопровождается образованием приледниковых озер, активизацией селевых и склоновых процессов.

Из ледников Эльбруса берет начало р. Азау – исток р. Баксан. Долина реки Азау представляет собой трог, сформированный плейстоценовым ледником, на морфологию которого существенное влияние оказали извержения вулкана Эльбрус и последующие селевые процессы (рис. 28).



Рис. 28. Вид на долину Азау (фото А.М. Тарбеевой)

В голоцене один из лавовых потоков, спускавшихся в долину Азау, перегораживал реку, образуя подпрудное озеро в верховьях. В результате циклических наступаний и отступаний ледника, происходило разрушение лавовой плотины, что вызывало селевые катастрофы на протяжении двух последних стадий исторического оледенения. Объем выносов крупноглыбовой составляющей древних селей в пределах долины Азау оценивается в 50 млн. м³ (Сейнова, Золотарев, 2001).

Прорыв водно-ледово-каменных масс являлся причиной формирования гигантских селей, отложениями которых заполнена долина Азау ниже лавовой подпруды на протяжении 5 км. Благодаря пологому уклону здесь сформировалась обширная зона аккумуляции селевых наносов, общей мощностью до 100 м.

Подпрудные озера возникали по периферии вулкана Эльбрус с самого начала его жизнедеятельности, когда лавовые потоки стекали в речные долины, заполняя или перегораживая