

## АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА ВЫСОКОГОРНЫХ ЛУГОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

© 2007 Н.Л. Цепкова

Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН, г. Нальчик

Представлены результаты изучения пространственной структуры и функциональных особенностей горно-луговой экосистемы в верховьях реки Черек-Балкарский с помощью приемов информационного анализа. Сравнение информационных моделей, построенных для слабо и сильно нарушенных пастбищным воздействием высокогорных лугов Центрального Кавказа, показало, что количество каналов передачи информации и информационных узлов сокращается от слабо нарушенных лугов к дигрессионным. Роль информационных узлов в эталонной экосистеме (слабо нарушенные луга) играют проективное покрытие травостоя, флористическое и фитоценологическое разнообразие, а в сильно нарушенной (дигрессионные луга) функции информационных узлов переходят к запасу зеленой надземной фитомассы в сыром и воздушно-сухом состояниях. Неумеренный выпас приводит не только к «расшатыванию» структуры горно-луговой экосистемы, но и ее антропогенной трансформации.

Высокогорные экосистемы Центрального Кавказа издавна являлись объектом антропогенного воздействия. Во второй половине третьего – начале второго тысячелетия до нашей эры сложилось кошевое, или отгонное скотоводство; разрабатывались рудные месторождения [14]. Заселение высокогорных районов сопровождалось развитием плужного земледелия с сооружением искусственных террас [6, 10], рубкой леса. Отмечается, что антропогенно-террасовые комплексы различного возраста и типа развиты на Кавказе практически повсеместно [5].

Несомненно, многовековая история освоения природных ресурсов высокогорных экосистем заметно повлияла на их современный облик: на месте сведенных лесов возникали вторичные луга, которые также вовлекались в хозяйственное использование. Вместе с тем «экофильные» черты отношения к природе, свойственные архаичной культуре горных районов, способствовали сохранению ресурсов [17]. Даже террасовые комплексы, создание которых можно расценивать как стрессовое вмешательство в естественную экосистему, приводящее к изменению ее структуры и функций, выступали как стабилизирующий фактор, закрепляя малые водотоки, оползневые участки, замедляя процессы ли-

нейной эрозии [5].

Двадцатый век охарактеризовался нарушением сложившегося ранее равновесия между натуральным хозяйством и природной средой. Современное природопользование привело в одних случаях к выраженным дигрессионным явлениям (выпас скота, рекреация), в других – к возникновению неоландшафтов (горно-рудное производство). Поэтому изучение закономерностей динамики высокогорных лугов при антропогенном воздействии, оценка их состояния, разработка приемов природоохранных мероприятий и урегулирования нагрузок, которые должны способствовать улучшению структуры и сохранению биоразнообразия остаются актуальными.

Наши исследования охватили горно-луговые экосистемы подверженные пастбищному воздействию как одному из традиционных и распространенных направлений высокогорного природопользования на Центральном Кавказе: верховья рек Баксан, Адыл-су, Черек-Балкарский, Черек-Безенгийский, урочище Пуриат.

Для оценки состояния пастбищной экосистемы в верховьях долины р. Черек-Балкарский был привлечен аппарат информационного анализа [3, 16]. Его преимущества заключаются в возможности выявления про-

странственной организации и устойчивости экосистемы на основе анализа межкомпонентных, т.е. вертикальных связей (каналов передачи информации) и узлов передачи информации; в возможности использовать не только количественные, но и качественные признаки компонентов [11, 12]. Создание и анализ информационных моделей при изучении пастбищных экосистем Центрального Кавказа использовали Э.Г. Коломыц [11], Л.М. Гольдберг [8], А.В. Хорошев [19], И.А. Авессаломова, М.Н. Петрушина, А.В. Хорошев с соавторами [1].

Ландшафтно-экологическая съемка осуществлена на трех полигонах, условно названных «Луг-1», «Луг-2» и «Луг-3», расположенных на южном склоне горы Гюльчи в верховьях долины крутизной 15-30° в пределах абсолютных высот 2000-2500 м.

Выбор полигонов проведен в соответствии с методом пространственных аналогов, когда один из них представляет естественную экосистему, относительно не нарушенную хозяйственной деятельностью (эталонный полигон, т.е. контроль), другой (или другие) – экосистему, находящуюся под антропогенным прессом. При этом они должны быть сравнимы между собой в отношении орографических и биоклиматических условий, принадлежать к бассейнам водотоков одного порядка [11, 13].

В качестве эталона принят «Луг-1», так как его основу составляют малонарушенные сообщества разнотравно-пестроовсянищевого луга. Широкое распространение пестроовсянищевых лугов на Кавказе, их реликтовый характер [9, 21, 22], а также этапы зарастания разновозрастных морен [7], приводящие к формированию пестроовсянищевых сообществ, дают основание считать эти луга коренными и принимать их в качестве эталона. Пестроовсянничники устойчивы к вытаптыванию и поеданию. Однако при чрезмерном выпасе происходит их разрежение, снижается проективное покрытие пестрой овсяницы, и, в конце концов, она полностью или частично выпадает из травостоя [4, 22]. На высокогорных пастбищах с интенсивной пастбой мы нередко встречали единичные уг-

нетенные экземпляры этого злака с разбитой дерниной.

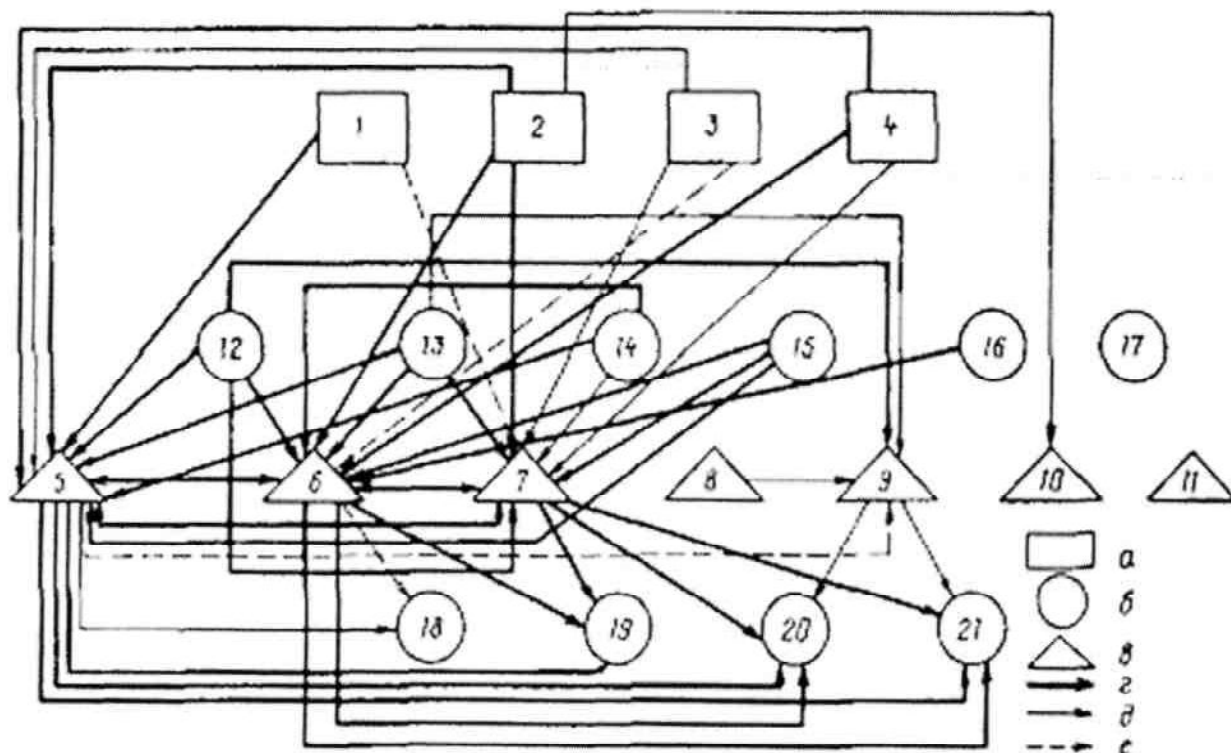
«Луг-2» и «Луг-3» заложены на летних пастбищах для овец, коз и молодняка крупного рогатого скота. «Луг-3» подвержен более интенсивному воздействию, так как из трех полигонов он расположен наиболее близко к месту стоянки скота.

Сбор эмпирической информации проведен на 50 площадках полигонов по признакам геоморфологического, почвенного и растительного блоков (компонентов).

При анализе межкомпонентных отношений нас в первую очередь интересовала растительность как наиболее чувствительный индикатор пастбищного воздействия. Анализ проводился по удельным значениям информационной меры  $T(Y, X)$  связей признаков растительного блока, как между собой, так и с признаками других блоков в пределах каждого полигона. Информационная мера выражается в двоичных единицах (битах). Значения  $T(Y, X)$  легли в основу построения информационных моделей локальных экосистем «Луг-1», «Луг-2», «Луг-3» (рис. 1-3). При их построении были приняты следующие градации силы связей между признаками: 0,65-0,69 биты – связи слабые; 0,70-0,84 биты – средней силы; 0,85 биты и выше – сильные связи.

При выборе признаков (перечень признаков в подрисуночных подписях) некоторые оказались недостаточно информативными и поэтому не вошли в модели структурных связей. Среди них: абсолютная высота и экспозиция склона – геоморфологические признаки исключительно важные в масштабе региональных и крупных локальных экосистем [11], но перешедшие в разряд физико-географического фона на иерархическом уровне рассматриваемых нами природных комплексов ранга микроландшафтов.

Блоки в моделях располагались с учетом принципа иерархии признаков по характерным временам [18]. Поэтому первый верхний ряд занимают сравнительно медленно изменяющиеся признаки геоморфологического блока. Ниже располагаются признаки, характеризующие вертикальный почвенный про-



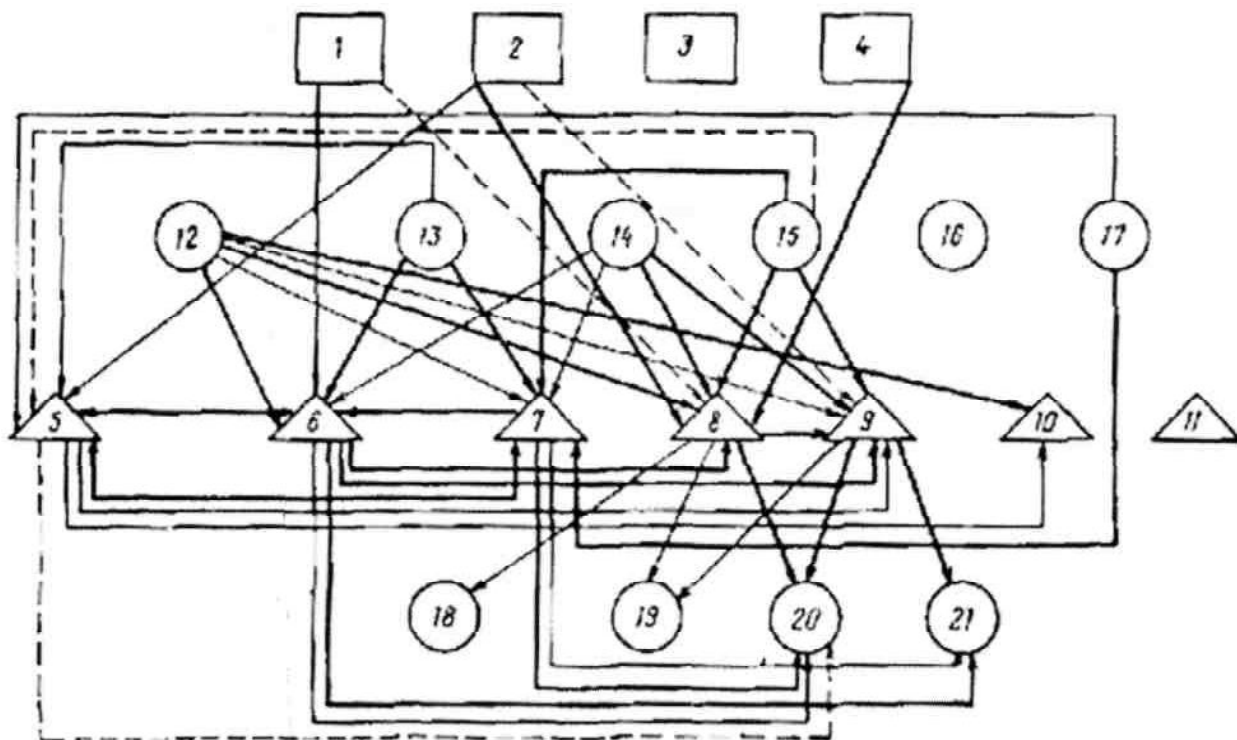
**Рис. 1.** Информационная модель структуры относительно не нарушенного выпасом субальпийского луга (полигон «Луг-1»). Признаки блоков экосистемы: а - геоморфологический; б - почвенный; в - геоботанический; Информационные меры связи (в битах): г - 0,85 и выше; д - 0,700-0,849; е - 0,650-0,699; Природные признаки: 1 - крутизна склона; 2 - форма микрорельефа; 3 - выходы коренных пород; 4 - микротеррасированность склона; 5 - общее проективное покрытие травостоя; 6 - флористическое разнообразие; 7 - фитоценозное разнообразие; 8 - зеленая сырая фитомасса; 9 - зеленая сухая фитомасса; 10 - детрит сырой; 11 - детрит сухой; 12 - структура почвенного горизонта А; 13 - структура горизонта В; 14 - мощность горизонта А; 15 - мощность гумусового профиля (А+В); 16 - влажность почвы в слое 20-30 см; 17 - температура почвы на глубине 30 см; 18 - рН горизонта А; 19 - рН горизонта В; 20 - содержание гумуса в горизонте А; 21 - то же в горизонте В

филь. Признаки этих двух рядов мы рассматриваем как эдификаторы экосистемы. Следующий ряд составляют признаки растительного блока, являющиеся по отношению к признакам верхних рядов индуцируемыми. Ниже размещены наиболее быстро изменяющиеся признаки – температура почвенного слоя на глубине 30 см, влажность слоя на глубине 2-30 см, рН почвенного раствора.

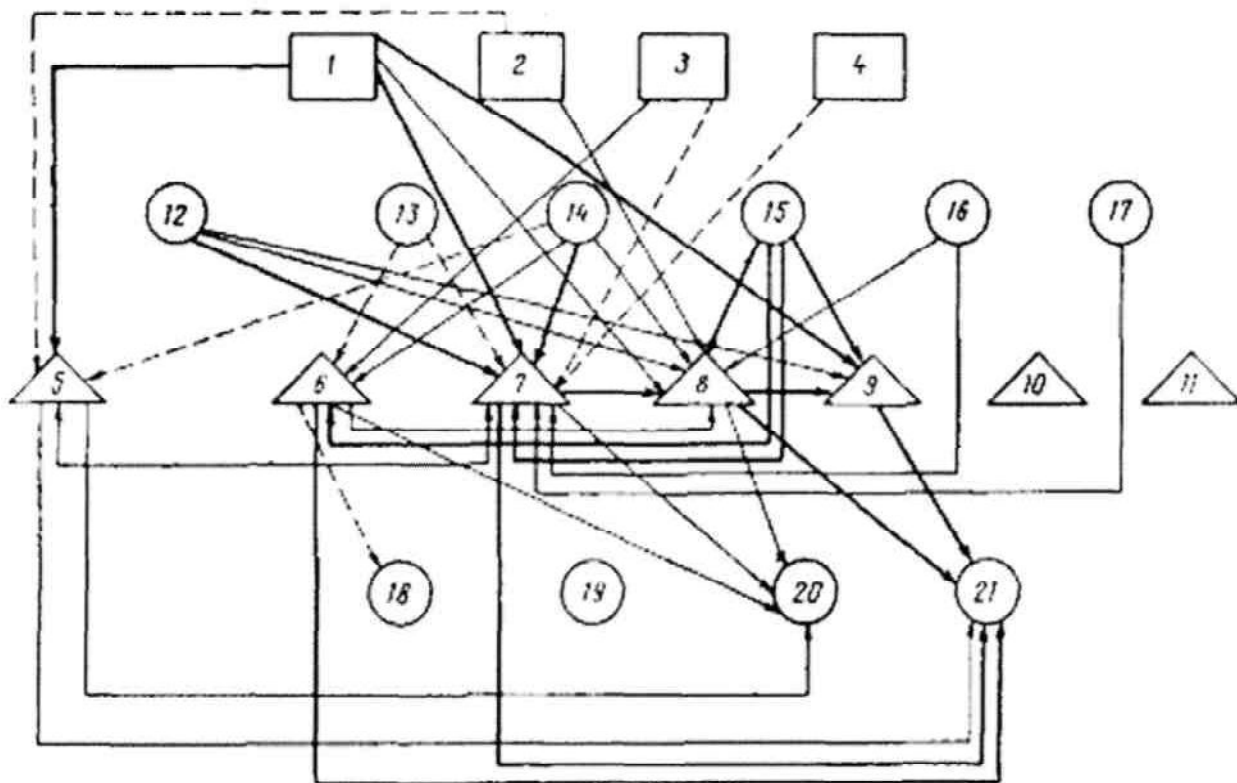
Уже простое сравнение моделей наглядно демонстрирует различие между ними. Экосистема, выбранная в качестве эталона, характеризуется максимальным количеством связей, т.е. каналов передачи информации (45) между признаками составляющих ее блоков, причем большинство из них (30), соглас-

но принятой шкале градаций, относится к числу сильных. На третьем полигоне число сильных связей сократилось до 14, а общих – до 38. Считая число связей эквивалентом функциональной гибкости экосистемы, можно говорить о понижении последней в пастбищной экосистеме, об упрощении структуры, а, следовательно, о ее нарушенном состоянии.

Действительно, полигон «Луг-3» объединяет площадки, преимущественное развитие на которых получили разнотравные и разнотравно-манжетковые сообщества. Их отличают невысокие запасы надземной фитомассы, низкий травостой, преобладание розеточных и полурозеточных растений устойчивых к



**Рис. 2.** Информационная модель структуры субальпийского луга, в средней степени подверженного пастбищной дигрессии (полигон «Луг-2»).  
Условные обозначения см. на рис. 1



**Рис. 3.** Информационная модель субальпийского луга, подверженного интенсивной пастбищной дигрессии (Полигон «Луг-3»). Условные обозначения см. на рис. 1

вытаптыванию, плохо поедаемых или не поедаемых растений благодаря резкому запаху, неприятному вкусу, грубому опушению, различным выростам (шипы, колючки). К таким растениям в пастбищных сообществах относятся вероника горечавковидная, горечавка кавказская, лютики (горолюбивый и кавказский), манжетки (кавказская, шелковистая и сетчатонервная), подорожники (ланцетолистный и скальный) и др. На этом же полигоне встречаются бурьянистые сообщества. В их сложении участвуют в основном синантропные виды: бодяк окутанный, крапива двудомная, крапива жгучая, мятлик однолетний, остица простертая, пастушья сумка, щавель конский, яснотка белая.

Модель второго полигона отражает намечающуюся тенденцию сокращения числа общих и сильных связей (рис. 2). В его растительном покрове преобладают сообщества, основу травостоя которых составляют овсяница валлиская и осока низкая (ценные кормовые растения, устойчивые к пастбищному воздействию): разнотравно-низкоосоково-типчачковые, манжетково-типчачковые, сходноклеверово-типчачковые, разнотравно-низкоосоковые.

Роль информационных узлов в эталонной экосистеме играют проективное покрытие травостоя, флористическое и фитоценотическое разнообразие. Они обнаруживают наибольшее число связей, в том числе сильных (0,85 биты и выше) с признаками других блоков, что, видимо, говорит о полноте использования экологической ниши сообществами. Признаки, связанные с продуктивностью сообществ (запас надземной зеленой фитомассы и детрита в сыром и воздушно-сухом состоянии), автономны, т.е. они не имеют или почти не имеют связей. Выход признаков других блоков на продуктивность оказывается опосредованным, преломляющимся через проективное покрытие, флористическое и фитоценотическое разнообразие. Таким образом, они играют роль буфера в ненарушенной экосистеме. Можно предположить, что в таком характере связей как раз и проявляется функциональная гибкость.

В нарушенных экосистемах значение про-

ективного покрытия как информационного узла падает. Если на первом полигоне этот признак имеет 15 связей, из них 12 сильных, то на втором – 9 (2 сильных), а на третьем – всего лишь 6 (одна сильная). Функции информационных узлов переходят к запасу зеленой надземной фитомассы в сыром и воздушно-сухом состояниях. Признаки геоморфологического и почвенного блоков непосредственно выходят на продуктивность, следовательно, связи становятся более жесткими, что приводит к потере функциональной гибкости.

Если разнообразие и функциональную гибкость экосистемы принять за критерий ее устойчивости, то первые два полигона будут более устойчивы к внешним воздействиям, а следовательно, более стабильны (подразумевается состояние устойчивого равновесия) по сравнению с третьим, в котором произошло «расшатывание» связей. Экосистемы с «расшатанными» связями между признаками ее блоков мы называем лабильными. Можно предположить, что лабильная экосистема легко переходит в еще более нарушенное состояние (сбой), а при снятии антропогенного пресса начинается ее восстановление.

Таким образом, анализ информационных моделей выявил явные различия в структурно-функциональной организации лугово-пастбищной (нарушенной) и эталонной (ненарушенной) экосистем в верховьях Черек-Балкарского ущелья, показал, что неумеренный выпас приводит не только к расшатыванию структуры горно-луговой экосистемы, но и ее антропогенной трансформации.

Изучение динамики и оценка состояния ряда лугово-пастбищных экосистем в высокогорьях Центрального Кавказа показали, что первая стадия антропогенной трансформации сопровождается сменой доминантов, увеличением горизонтальной неоднородности и ксерофитизацией растительности покрова. Она выражается в появлении целого ряда сообществ с доминированием плотнодерновинных ксерофильных злаков – овсяницы валлисской, овсяницы овечьей или осоки низкой, устойчивых к выпасу и в то же время ценных в кормовом отношении на фоне из-

менения гидротермического режима почвы. Показано, что на выпасаемых участках в пределах субальпийского пояса температура почвы на глубине 50 см повышается в среднем на 3°C по сравнению с ненарушенными выпасом лугами, а влажность в слое 40-50 см уменьшается на 5-9% [20]. Наблюдаемые изменения позволяют говорить об антропогенной аридизации, происходящей в горно-луговой экосистеме под влиянием выпаса. При умеренных нагрузках первая стадия является устойчивой, долго существующей. Ее можно считать коренной пастбищной стадией, или стадией пастбищных доминантов [15]. Состояние экосистемы на первой стадии мы считаем устойчиво рабочим.

В условиях перевыпаса структура растительного покрова упрощается: происходит редукция числа сообществ с явлениями их

конвергенции и синантропизации; кормовые растения заметно сокращают обилие вплоть до полного выпадения из травостоя. Состояние экосистемы оценивается как лабильно-дигрессионное. Нарушения целостности растительного покрова, наблюдаемые при этом, благоприятствуют развитию тропинчатости склонов и эрозионных процессов, приводящих к расширению площадей, занятых осыпями, учащению опасных гляциологических явлений в горах. В какой-то мере задачи по снижению пастбищной нагрузки на высокогорные экосистемы и сохранению их биоразнообразия решают особо охраняемые территории – Кабардино-Балкарский высокогорный заповедник, Северо-Осетинский заповедник, Природный национальный парк «Приэльбрусье».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авессаломова И.А., Петрушина М.И., Хорошев А.В. Горные ландшафты: структура и динамика. М.: Изд-во МГУ, 2002.
2. Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. М.: Наука, 1980.
3. Арманд А.Д. Информационные модели природных комплексов. М: Наука, 1975.
4. Богданов В.М., Мухин Г.Ф., Рубилин Е.В. Сенокосы и пастбища Северо-Осетинской АССР. Орджоникидзе: Северо-Осетинское кн. изд-во, 1954.
5. Борунов А.К., Бочавер А.Л. Рельеф антропогенных микротеррас – вопросы генезиса, типологии, хозяйственного использования // Трансформация горных экосистем большого Кавказа под влиянием хозяйственной деятельности. М., 1999.
6. Виноградов В.Б. Краткий очерк освоения людьми горных районов Кабардино Балкарии // Природопользование Приэльбрусья. М., 1992.
7. Геннадиев А.Н. Фракционный состав гумуса и фактор времени (на примере некоторых почв Приэльбрусья) // Методология и методика почвенных и ландшафтно-геохимических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1978.
8. Гольдберг Л.М. Исследование структуры высокогорной лугово-степной экосистемы // Тр. Высокогорн. геофиз. ин-та. 1987. Вып. 68.
9. Гроссгейм А.А. Растительный покров Кавказа. М.: МОИП, 1948.
10. Калоев Б.А. Осетины. М.: Наука, 1971.
11. Коломыц Э.Г. Информационно-статистический анализ структуры высокогорных экосистем и ее антропогенных изменений // Тр. Высокогорн. геофиз. ин-та. 1984. Вып. 58.
12. Коломыц Э.Г., Юнина В.П., Сидоренко М.В., Воротникова В.П. Экосистема хвойного леса на зональной границе (Организация, устойчивость, антропогенная динамика). Н. Новгород: Изд-во «Пламя», 1993.
13. Коломыц Э.Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1998.
14. Мамбетов Г.Х. Традиционная культура Кабардинцев и балкарцев. Нальчик: Изд. центр «Эль-Фа», 2002.
15. Мусина Л.Б. Особенности влияния выпаса разных видов скота на растительность и почвы степных экосистем Башкирского Зауралья (на примере Абзелиловского района): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2003.
16. Пузаченко Ю.Г., Скулкин В.С. Структура растительности лесной зоны СССР. Систем-

- ный анализ. М.: Наука, 1981.
17. *Ржевская Н.В.* Вопросы формирования экологического сознания населения в горных районах // Тр. Высокотгорн. геофиз. ин-та. 1986. Вып. 64.
  18. *Таргульян В.О., Соколов И.А.* Структурный и функциональный подход к почве: почва-память и почва-момент // Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978.
  19. *Хорошев А.В.* Оценка устойчивости геосистем бассейна р. Баксан (Центральный Кавказ): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1987.
  20. *Цепкова Н.Л., Балкаров Б.Б., Шевцов С.В.* Опыт использования дескриптивных множеств для оценки антропогенных нарушений в некоторых экосистемах Приэльбрусья // Тр. Высокотгорн. геофиз. ин-та. 1984. Вып. 58.
  21. *Шифферс Е.В.* Растительность Северного Кавказа и его природные кормовые угодья. М.; Л.: Наука, 1953.
  22. *Ярошенко П.Д.* Смены растительного покрова Закавказья. М.: Изд-во АН СССР, 1956.

## ANTHROPOGENIC DYNAMICS IN HIGH MOUNTAIN MEADOWS OF THE CENTRAL CAUCASUS

© 2007 N.L. Tsepikova  
Institute of Ecology of mountain Territories, KBSC RAS

The results of research on dynamics in high-mountain meadows of the Central Caucasus done with techniques of information analysis on the example of the meadow and pasture ecosystem within the upper Chereck Balkarskiy-River are presented. The comparison and analysis of the information models built up for slightly disrupted meadows and severely disrupted ones by pasture pressure has shown that the number of channels for information transmission and information complexes reduces from slightly disrupted (standard) meadows to severely disrupted (digressive) ones. In the standard ecosystem the projective cover of grasses, floristic and phytocenotic diversity act as information complexes, and in the digressive ecosystem the stock of green above-ground phytomass fulfills their role. Heavy grazing causes not only "deterioration" of the structure in the mountain and meadow ecosystem but also its anthropogenic transformation.