

УДК 551.4 (479.0)

## КОНВЕРГЕНЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И ПОЧВ ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

© 2017 г. Раиса Г. Грачева, Елена А. Белоновская, Вера В. Виноградова,  
Илья Г. Шоркунов

*Институт географии РАН, Москва, Россия  
e-mail: gracheva04@list.ru*

Поступила в редакцию 15.11.2016 г.

**Аннотация.** Исследование показало, что принятые схемы экспозиционных смен растительных сообществ и почв в межгорных котловинах Северной Осетии не отвечают их современному распространению. Сообщества горных луговых степей и субальпийских лугов располагаются независимо от климатических различий склонов межгорных котловин. Почвенные исследования выявили близость свойств почв разных склонов и явные свидетельства длительного аграрного воздействия. Вместе с тем погребенные почвы, обнаруженные во многих почвенных профилях, свидетельствуют о хорошо выраженной в прошлом экспозиционной дифференциации почв. Согласно истории земледельческого использования, исследованные травяные экосистемы пережили ряд этапов в качестве агроландшафтов: столетия пахотного использования, последующие десятилетия пастбищного пресса и последние 15–20 лет ослабления или прекращения антропогенного воздействия. Наблюдаемое снижение разнообразия экосистем и их конвергенция объясняются первоначальными стадиями их формирования после многовекового унифицирующего аграрного воздействия. Выполненная на основании спутниковых и наземных измерений оценка современных климатических изменений в исследованном диапазоне высот выявила повышение тепло- и влагообеспеченности. Улучшение условий вегетации наряду с ослаблением антропогенного пресса может способствовать восстановлению древесной и луговой растительности и постепенной проградации почв.

**Ключевые слова:** межгорные котловины, постпахотные травяные экосистемы, луговые степи, погребенные почвы, земледельческое использование, климатические изменения.

DOI: 10.7868/S037324441706007X

## CONVERGENCE OF VEGETATION AND SOILS OF INTERMONTANE BASINS OF THE CENTRAL CAUCASUS

Raisa G. Gracheva, Elena A. Belonovskaya, Vera V. Vinogradova, and Il'ya G. Shorkunov

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
e-mail: gracheva04@list.ru*

Received November 15, 2016

**Abstract.** The study showed that the conventional schemes of the exposition-dependent changes in plant communities and soils in the intermountain basins of North Ossetia do not meet their contemporary distribution. Communities of mountain meadow steppes and subalpine meadows are located regardless of the climatic differences between the slopes of intermountain basins. Soil studies revealed the similarity of properties of soils of different slopes and clear evidences of long agricultural impact. However, buried soils, found in many soil profiles indicate a pronounced expositional differentiation of soils in the past. According to the history of land use, the studied grasslands have experienced a number of stages as agrolandscapes: centuries of agricultural use, subsequent decades of grazing load and weakening or termination of anthropogenic impact in the last 15–20 years. The observed reduction in diversity of ecosystems and their convergence is explained by initial stages of their formation after centuries-long unifying agricultural impact. Made based on satellite and ground-based measurements the assessment of contemporary climate changes in the investigated

altitude range showed an increasing temperature and moisture. Improvement of vegetation conditions along with a reduction in anthropogenic load may contribute to the restoration of wood and meadow vegetation, and the gradual progradation of soils.

**Keywords:** intermountain basins, post-arable grasslands, meadow steppes, buried soils, land use, climate changes.

**Введение.** Разнообразие горно-луговых систем мира формировалось в течение тысячелетий под воздействием изменяющихся природных условий и человеческой деятельности, прежде всего, выпаса. Его последствия для состояния растительного покрова и почв различны в разных горных условиях. Так, в Альпах на высокогорных пастбищах при регулируемом выпасе возрастает разнообразие видов растений, тем самым позитивно влияя на функционирование экосистем [27, 28]. Значительно больше свидетельств о сокращении видового богатства, упрощении структуры травяных сообществ и деградации почв пастбищ [7, 10, 25, 30, 39 и др.]. Наиболее значимым фактором изменений состояния горных травяных экосистем мира многие исследователи считают трансформацию землепользования, включая забрасывание и неиспользование пастбищных угодий, часто приводящие к уменьшению видового и экосистемного разнообразия [5, 37, 38, 40, 41]. Однако без учета данных об истории использования земель трудно судить о долговременных последствиях разных этапов землепользования для экосистем [30, 35].

На Северном Кавказе использование экосистем плотно заселенных межгорных котловин изменялось многократно, включая вырубку лесов, последовательное расширение площадей безлесных ландшафтов для пахоты и выпаса и, наконец, забрасывание созданных агроландшафтов [8, 25]. Классические схемы – реконструкции пространственного распространения горных ландшафтов Северного Кавказа опираются только на природные зональные закономерности и обычно не учитывают длительную историю антропогенного воздействия [23].

Целью данной работы явилась характеристика современных горных травяных экосистем послелесного и субальпийского поясов Центрального Кавказа в пределах межгорных котловин, выявление датированных этапов землепользования как факторов, отразившихся в состоянии растительного покрова и почв, а также современных климатических изменений, характерных для определенных высотных уровней исследуемой территории.

**Объекты и методы.** Районы исследования – межгорные котловины Северной Осетии-Алании, расположенные субширотно между Скалистым и Боковым (Верхне-Згидская и Уаллагкомская) и между Боковым и Главным хребтами (Цейская) (рис. 1).

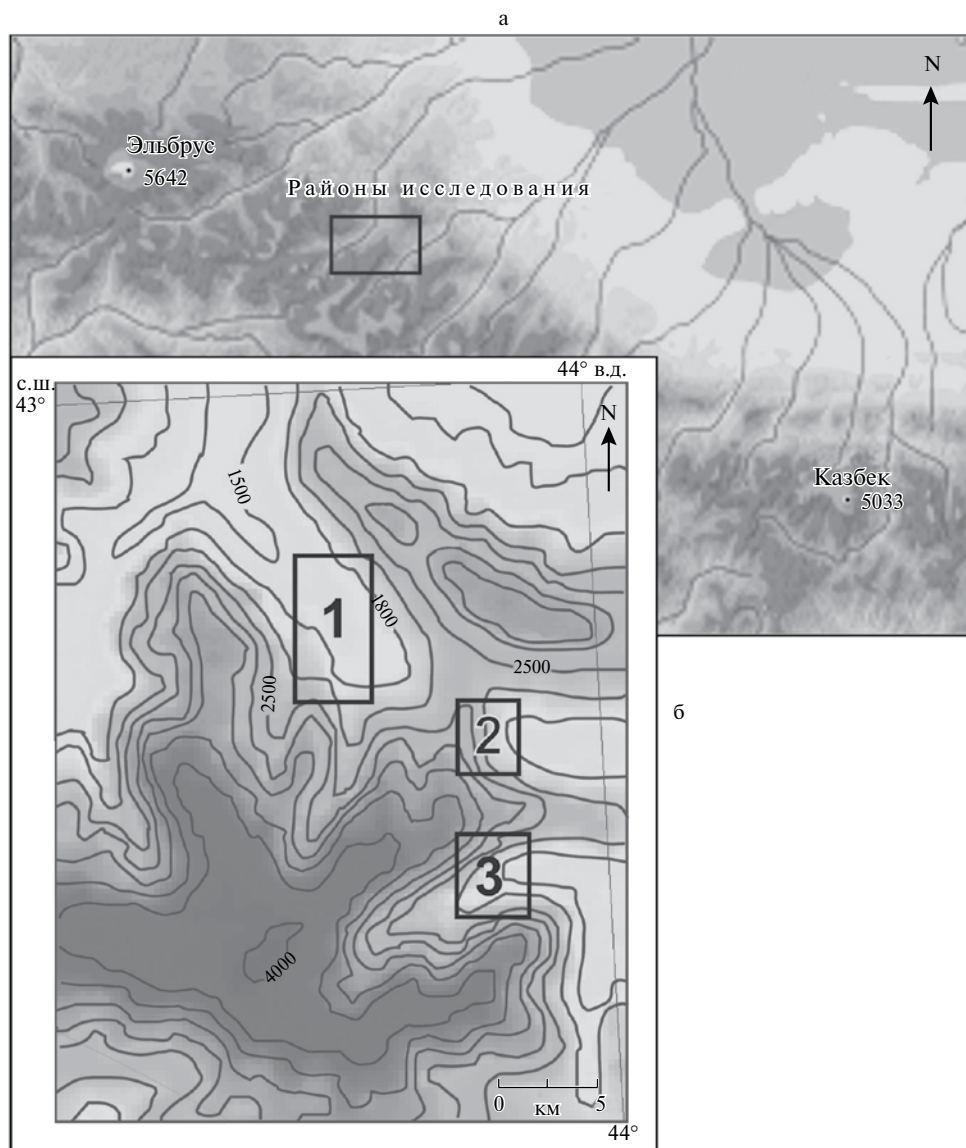
Исследовались послелесные и субальпийские травяные экосистемы в высотном ряду 1755–2560 м над уровнем моря. Выполнены полевые геоботанические и почвенные исследования 44 ключевых участков, расположенных на северных и южных склонах межгорных котловин, на антропогенных террасах. В основном это постпахотные территории, при этом для большинства участков известно время перевода пахотных земель в сенокосы и пастбища.

Выполнены полные геоботанические описания травяных сообществ на разных высотах и на склонах различной экспозиции и крутизны, а также описания березовых криволесий на северных склонах и сосновых редколесий на южных склонах. Сообщества описывались в естественных границах. Для больших участков размер пробной площади составлял 100 м<sup>2</sup>. В каждом описании в полевых условиях отмечались высота, экспозиция и крутизна склона. Проективное покрытие указывалось по старой шкале Браун-Бланке [29].

По мере сбора описания были внесены в базу данных в соответствии со стандартами “TURBOVEG” [32]. Для классификации были выбраны 40 описаний. Классификация растительных группировок выполнена после проведения упорядочивания описаний в JUICE [42] при помощи TWINSPAN [33]. Названия видов растений даны по сводке Черепанова [21]. Для каждой из выделенных групп описаний были построены точечные диаграммы распределения пробных площадок в зависимости от высоты и экспозиции склонов с применением программы Microsoft EXCEL.

На всех участках выполнены полевые детальные морфологические описания почв с отбором образцов по генетическим горизонтам. Цвет горизонтов определялся по таблицам Манселла. Лабораторные анализы почв выполнены в химической лаборатории ИГ РАН. Названия почв в скобках даны по классификации WRB 2014 [34].

Для выявления хронопоследовательности землепользования в районах исследования были изучены исторические свидетельства и официальные архивные данные. Для выявления истории землепользования каждого конкретного участка использовались свидетельства местных жителей и администрации. Для оценки современного пастбищного пресса изучены местные статистические



**Рис. 1.** Схема расположения районов исследования. а – местонахождение на Центральном Кавказе; б – ключевые участки: 1 – Уаллагкомская котловина; 2 – Верхне-Згидская котловина; 3 – Цейская котловина.

материалы, касающиеся животноводства, и полученные ранее данные [9, 31].

Оценка изменений тепло- и влагообеспеченности территории производилась на основании спутниковых и наземных измерений с использованием вегетационного индекса (NDVI), индекса вегетационных условий (VCI), спутникового индекса климатических экстремумов (SCEI) и суммы активных температур (температура воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ ) и осадков. Методы оценки климатических изменений приведены ранее [11].

**Результаты.** Наветренные северные, и западные, и подветренные южные, и восточные склоны субширотных межгорных котловин Центрального

Кавказа существенно отличаются по климатическим показателям. Особенно заметны экспозиционные различия в увлажнении [16, 19]. Согласно известным обзорам, в пределах исследованных районов основными типами растительности на сухих южных и восточных склонах являются горные настоящие и луговые степи, развитые на горно-степных черноземовидных почвах (Chernic/SomericPhaeozems); на увлажняемых северных и западных склонах выделены послелесные горные луга на горно-луговых почвах (SomericUmbrisols) с небольшими островами сосновых и березовых лесов на буроземах (Dystric/EutricCambisols) [3, 12, 23]. Наши исследования выявили несоответствие классических схем современному

пространственному распределению почв и растительных сообществ в районах длительного сельскохозяйственного использования земель.

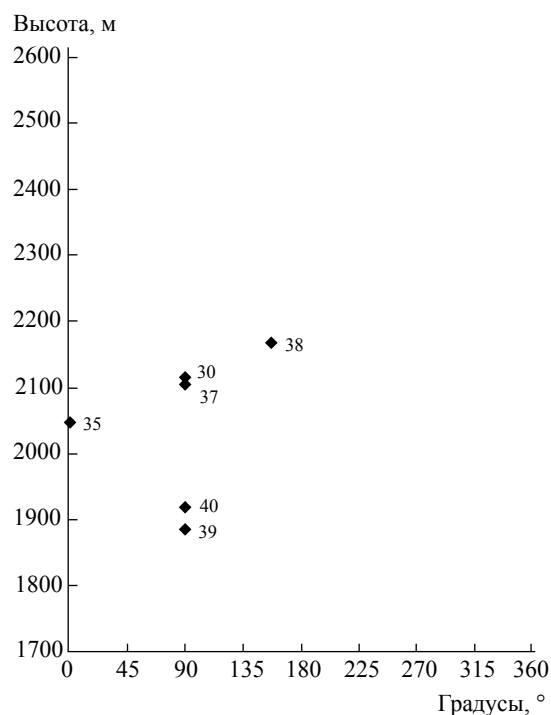
**Краткий обзор истории использования горных травяных экосистем.** Межгорные котловины Северной Осетии испытывали неоднократные волны притока и оттока населения в течение трех тысячелетий [14]. Плотность населения и интенсивность использования земель были особенно высоки в последние 500–600 лет после исхода алан – осетин с равнины в горы. К середине XIX в. более половины населения Северной Осетии жили в горах [2]. В XVI–XVII вв. межгорные котловины были основными зерновыми районами в Алании, в то время как равнина использовалась под животноводство. Широкомасштабное сведение лесов для создания пашни и пастбищ и распашка горных степей и послелесных земель начались, возможно, значительно раньше. К концу XIX в. горные степные и послелесные территории уже в течение долгого времени использовались как пахотные земли [6, 13, 17]. Постоянная и длительная адаптация склонов под аграрное использование трансформировала природные ландшафты в агроландшафты; изменились пространственные закономерности растительного и почвенного покровов.

Сокращение пахотных земель в горах Северного Кавказа началось в 1920-х годах прошлого века вслед за оттоком горного населения. В Северной Осетии по данным переписи 1926 г. население гор составляло 20 500 человек или 7.5% всего населения республики в современных границах [31]. Широкомасштабное превращение пахотных земель в сенокосные и пахотные угодья произошло в конце 1950-х, при реформе колхозов. Например, в сельских поселениях Уаллагкомской котловины пашни занимали более 200 га в 1960 г. и 15 га в 2004 г. (архивные данные Ирафского района и местной администрации). Горские жители помнят как свои доколхозные пахотные наделы, как доколхозные, так и колхозные пахотные участки, поэтому историю их использования можно восстановить с высокой точностью. В Ирафском и Алагирском районах Северной Осетии современные послелесные, а также горные лугово-степные и степные экосистемы использовались как пашни в течение столетий до середины XX в., и только последние 60–70 лет они развивались как травяные сообщества. В 1990-х новая волна оттока горного населения привела к почти полной депопуляции гор: современное горное население составляет менее одного процента населения республики. Это отразилось в существенном сокращении численности горного стада [18, 31]. Очевидно, при

ослаблении пастбищной нагрузки современные травяные экосистемы формируются преимущественно под воздействием природных процессов.

**Растительность межгорных котловин.** В результате проведенной классификации по флористическим критериям было выделено 3 группы сообществ.

Первая группа (оп. 35–40) объединила описания субальпийских березовых криволесий, которые сохранились отдельными массивами на очень крутых северных и восточных склонах на высотах от 1885–2120 м над ур. моря. Видовой состав криволесий характеризуется группой лесных видов *Betula pubescens*, *Sorbus aucuparia*, *Salix caprea*, *Galium boreale*, *Viola canina*, *Fragaria vesca* и *Vaccinium vitis-idaea*. Также встречаются виды послелесных (опушечных) и субальпийских лугов: *Primula ruprechtii*, *Primula macrocalyx*, *Cruciata laevigata*, *Calamagrostis arundinacea*, *Agrostis tenuis*, *Avenella flexuosa*, *Brachypodium sylvaticum*, *Inula orientalis*, *Stachys macrantha*, *Anthoxanthum odoratum*, *Carum carvi*, *Luzula multiflora*, *Gentiana cruciata* и *Amoria montana*. Одно описание соснового леса на южном склоне по видовому составу можно отнести к данной группе (рис. 2).



**Рис. 2.** Пространственное распределение лесных сообществ в межгорных котловинах в районах исследования. Легенда: Номера точек соответствуют номерам описаний; ось ординат – высота над ур.м. (м); ось абсцисс – экспозиция склона в градусах: 0° – Север, 45° – Северо-Восток, 90° – Восток, 135° – Юго-Восток, 180° – Юг, 225° – Юго-Запад, 270° – Запад, 315° – Северо-Запад.

Вторая группа (оп. 23–34) – это сообщества субальпийских лугов. Они распространяются на умеренно крутых склонах различных экспозиций на высотах 1850–2560 м над ур. моря (рис. 3). В составе сообществ доминируют *Bromopsis variegata*, *Anthoxanthum odoratum*, *Scabiosa caucasica* и *Astrantia maxima*, также с большим постоянством встречаются виды горных лугов Кавказа: *Anthemis sosnovskyana*, *Poa alpina*, *Festuca ovina*, *Alchemilla caucasica*, *Ranunculus oreophyllus*, *Veronica gentianoides*, *Myosotis alpestris*, *Festuca valesiaca*, *Phleum montanum*, *Alchillea millefolium*, *Galium verum*, *Helictotrichon versicolor*, *Potentilla crantzii*, *Amoria ambigua*, *Leontodon hispidus*, *Trifolium canescens*, *Pedicularis sibthorpii*, *Polygala anatolica*, *Bupleurum polyphyllum*, *Silene ruprechtii*, *Pulsatilla albana*, *Centaurea fischeri*, *Lotus corniculatus*, *Plantago medium*, *Plantago atrata*, *Campanula hohenackeri*, *Scabiosa bipinnata*, *Seseli libanotis*, *Trifolium medium*, *Amoria montana*, *Dactylorhiza* spp., *Vicia alpinum*, *Veronica chamaedrys*, *Gentiana cruciata* и *Scabiosa caucasica*.

Третья группа (оп. 1–22) – горные луговые степи, занимающие склоны различных экспозиций на высотах 1760–1980 м над ур. моря (рис. 4). В составе этих сообществ, кроме видов субальпийских

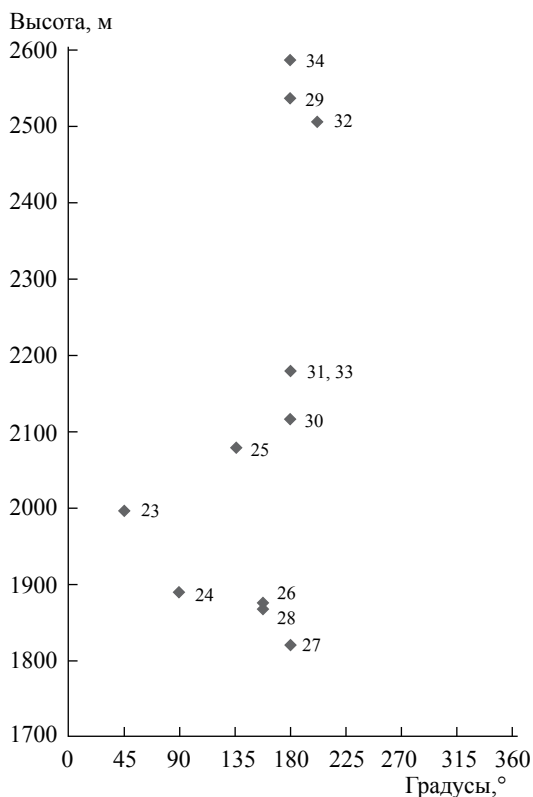


Рис. 3. Пространственное распределение субальпийских лугов в межгорных котловинах в районах исследования. Легенда: см. рис. 2.

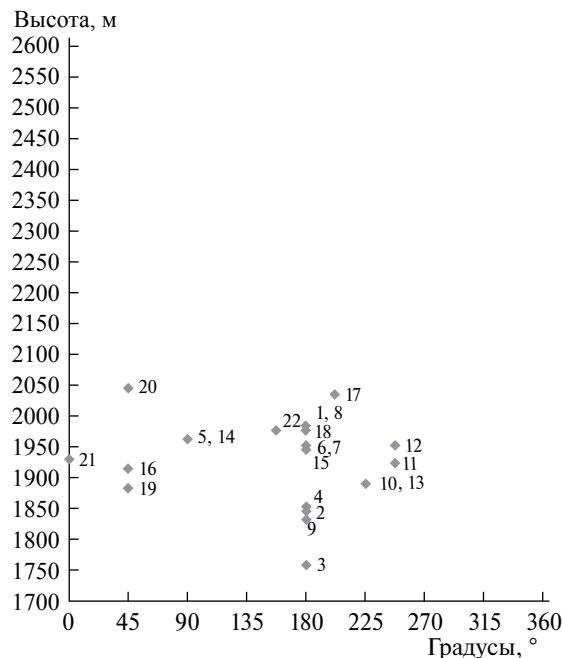


Рис. 4. Пространственное распределение луговых степей в межгорных котловинах в районах исследования. Легенда: см. рис. 2.

лугов, перечисленных выше и общих луговых сообществ, обычны виды, характерные только для сообществ горных луговых степей: *Salvia verticillata*, *Aster alpinus*, *Medicago furcata*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Onobrychis petraea*, *Thymus collinus*, *Bromopsis riparia*, *Artemisia chamaemelifolia*, *Artemisia marschalliana*, *Astragalus oreades*, *Veronica caucasica*, *Carex humilis*, *Linum nervosum*, *Koeleria cristata*, *Anthyllis variegata*, *Tephrosia caucasigena*, *Artemisia splendens*, *Stipa pulcherrima* и *Linum hypericifolia*.

Выяснилось, что значительное разнообразие луговых видов в составе лесных сообществ свидетельствует о некоторой экспансии древесной растительности в новых условиях ослабления и отсутствия хозяйственной деятельности. Необходимо отметить, что березовые криволесья и сосновые редколесья пока занимают свои прежние позиции. Выявленные различия в видовом составе двух групп травяных экосистем незначительны. Примерно 2/3 видов растений встречаются в обеих группах, и границы сообществ в высотном ряду размыты. Только на южных склонах наблюдается смена с высотой сообществ горной луговой степи субальпийскими лугами. В то же время климатические различия склонов в увлажнении не отражаются в современном пространственном распределении описанных экосистем. Луговые степи занимают прежние пахотные земли как на более сухих подветренных, так и на наветренных

послесельных склонах межгорных котловин. Принимая во внимание относительно краткий период постагрогенной фазы, составляющей 60–70 лет, из которых 15–20 лет – это период забрасывания/недоиспользования, современное состояние травяных сообществ может рассматриваться как стадия их развития. Почвенные исследования подтверждают и дополняют эти предположения.

**Почвы горных травяных экосистем как источник информации.** Почвы, сформированные под современными постахотными лугово-степными и горно-луговыми сообществами, трудно отнести к определенным классификационным единицам в рамках новой российской классификации почв [22]. Они имеют сходные морфологические свойства независимо от экспозиции склона. Это почвы со слабо дифференцированным профилем PU/W – Bm – BC или PU/W – Bmca – BCca, в зависимости от присутствия карбонатов в почвообразующей породе. Они имеют маломощный (5–7 см) слабо оструктуренный гумусовый горизонт буровато-серого цвета (10YR4/2), ниже которого могут прослеживаться следы старопашотного горизонта. Щебень обычно отсутствует до глубины 30–40 см. Такой гранулометрический состав свидетельствует об извлечении обломочного материала из почвы, что является обычным мелиоративным действием в горном земледелии. Малая мощность гумусового горизонта, его слабая оструктуренность, низкое содержание гумуса (3–5%) – результаты возможной выпашанности [15], а также постахотного пастбищного воздействия. Почвы террас,

хорошо сохранившихся во всех ущельях Центрального Кавказа и в настоящее время используемых под местный выпас, также несут следы пахотного воздействия.

Возможно, постахотные почвы нужно отнести к различным вариантам агроземов [22], или Calcaric Cambisols (Aric) и Dystric Cambisols (Aric). Горно-степные черноземовидные почвы, описанные в природных экосистемах данного высотного ряда, не обнаружены в ареалах исследованных постахотных луговых степей.

Однако на южных склонах Скалистого хребта, в том числе на террасированных склонах, в большинстве исследованных профилей на глубине 30–50 см были обнаружены погребенные горизонты, имеющие черноземовидные свойства (рис. 5). Обычно это хорошо выраженный гумусовый горизонт мощностью до 30 см темносерого цвета (2Y3/1), отвечающий определению chernic [34], с четкой комковатой и зернистой структурой; на щебне заметны карбонатные натечки; мелкозем имеет слабощелочную или щелочную реакцию среды. Погребенные гумусовые горизонты, которые можно отнести к наследию горно-луговых (не черноземовидных) почв, отмечены на южных склонах Цейского ущелья. В почвах северных и северо-западных склонов погребенные почвы не были обнаружены; на постахотных участках отмечены следы погребенных почв буроземного типа.

Погребенные почвы свидетельствуют о различных и даже контрастных почвах и факторах почвообразования, характерных для разных склонов межгорных котловин в прошлом. Исходные почвы были перекрыты при конструировании сельскохозяйственных террас, а на выположенных склонах – в результате распахивания и смыва почвенного материала с вышележащих позиций. В дальнейшем почвенное разнообразие было “стерто” унифицирующим длительным сельскохозяйственным использованием и сохраняется только в условиях длительного использования в виде пастбищ и сенокосов.

Почвенные исследования подтверждают исторические данные о пахотном прошлом современных лугово-степных и некоторых горно-луговых угодий. Отмечаемая заметная гомогенность растительных сообществ и их независимость от экспозиционных климатических условий с большой вероятностью объясняется тем, что постахотные растительные сообщества находятся на ранних стадиях развития и “не успели” приспособиться к различным природным условиям противоположных склонов. Возможно, определенную роль играет агрогенная конвергенция почв, поддерживающая конвергенцию растительных сообществ.



**Рис. 5.** Агрозем с погребенным черноземовидным горизонтом. Южный склон, 1930 м н.у.м. Луговая степь, в прошлом пашня. Республика Северная Осетия-Алания, Уаалагкомская котловина. Интервал шкалы 10 см. Фото И.Г. Шоркунов.

**Изменения тепло- и влагообеспеченности.** Оценка изменений тепло- и влагообеспеченности летнего сезона проводилась с использованием спутниковых данных и наземных измерений. По спутниковым данным высокого разрешения ( $1 \times 1$  км) были составлены карты вегетационного индекса (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), индекса вегетационных условий (Vegetation Condition Index, VCI) и спутникового индекса климатических экстремумов (Satellite Climatic Extremes Index, SCEI). Выполнена оценка линейного тренда вегетационных индексов, как для всей территории, так и для отдельных высотных участков межгорных котловин. Вегетационный индекс (NDVI) применяется в качестве индикатора состояния растительности. Он имеет высокую чувствительность к осадкам и коррелирует с запасами зеленой фитомассы. Индекс вегетационных условий (VCI) отражает изменения погодных условий вегетации от сухих до влажных. Спутниковый индекс климатических экстремумов (SCEI) используется для выявления засух и переувлажнения после обильных осадков [11].

Климатические исследования были выполнены для исследованного района ( $42\text{--}44^\circ$  с.ш.  $42\text{--}45.5^\circ$  в.д.) для периодов, различных по степени увлажнения на Европейской территории России: более влажного (2000–2006 гг.) и более сухого (2007–2014 гг.). Было выявлено, что в предгорьях и низкогорьях, как и на большей части Европейской территории России, увлажнение в последний период уменьшается, а в среднегорьях, в субальпийском поясе, где индекс VCI растет на 5–15%, увлажнение возрастает. Рост увлажнения в горных районах показывает и линейный тренд VCI за 2000–2014 гг., который становится положительным с высоты 1400–1500 м над ур.м. (рис. 6). По данным наблюдений метеосети в период 1981–2010 гг. сумма активных температур выросла на 100–150 °С по сравнению с периодом 1951–1980 гг. для тех же территорий, как для равнинных станций, так и для станций,

расположенных в среднегорье [4]. Также в последнее десятилетие практически на всей исследуемой территории наблюдалось увеличение сумм осадков, особенно в летний период.

Климатические изменения – возрастание суммы активных температур и прежде всего увлажнения способствуют улучшению условий вегетации в среднегорном и субальпийском поясах Центрального Кавказа. Последствия этих изменений могут способствовать постепенному восстановлению луговой растительности и природного гумусного состояния и других свойств почв. Остается открытым вопрос, приведет ли улучшение вегетационных условий к возрастанию или снижению разнообразия растительных сообществ?

**Заклучение.** Основным и неожиданным результатом исследований травяных экосистем межгорных котловин Северной Осетии явился факт конвергенции растительного покрова и почв склонов межгорных котловин. Подобное снижение экосистемного разнообразия может быть объяснено совместным действием таких факторов, как относительная краткость развития экосистем в постпахотный период и унифицирующее воздействие пахоты на почвы в течение длительного времени.

Известно, что характер растительности является индикатором времени, прошедшего после использования территории [41]. Генерализованная схема изменений землепользования в межгорных котловинах включает рубку лесов, выкорчевывание корней, террасирование склонов, многовековое земледельческое освоение, конверсию пашни в пастбища и сенокосы 60–70 лет назад, постоянный выпас в течение 40 лет и забрасывание или неиспользование в течение последних 15–20 лет.

Исследованные экосистемы стали формироваться как травяные сообщества не ранее 70 лет назад после длительного режима пахоты и мелиорации и по сравнению с постоянными пастбищами находятся на ранней стадии своего развития.

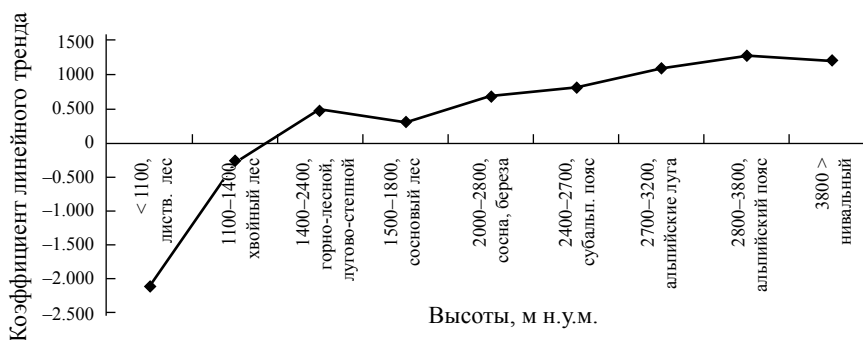


Рис. 6. Изменение линейного тренда индекса вегетационных условий (VCI) с высотой (2000–2014 гг.).

Сокращение выпаса и, особенно, исчезновение овец из горного стада открывает возможности для природного хода естественных сукцессий [12]. Изменения экстенсивно используемых травяных систем после их забрасывания могут приводить как к уменьшению, так и возрастанию видового и экосистемного разнообразия [37].

Информативная роль почв становится особенно важной для объяснения факта унификации растительных сообществ. Обнаружение погребенных почв – свидетельств разных контрастных природных условий в прошлом, подтверждает концепцию конвергенции почв как результата длительного земледельческого использования. Сходный видовой состав пасторальных экосистем может отражать агрогенное сходство почв.

Существует много аргументов для предположения, что изменение землепользования имеет более сильный эффект для состояния горных травяных экосистем, чем климатические изменения [24]. Однако отклик горной растительности на климатические изменения пока неясен, несмотря на многочисленные исследования, посвященные этой проблеме [1, 26, 27, 43].

Наши исследования, выявившие тенденцию к росту увлажнения и теплообеспеченности и улучшению вегетационных условий в пределах пояса горных травяных экосистем, позволяют предполагать, что последствия этих процессов отразятся на состоянии растительного покрова и его видовом составе, а в более дальней перспективе приведут к проградации почв, прежде всего к улучшению их гумусного состояния. Мониторинг травяных экосистем, который проводится во многих горных системах мира, позволит определить направления развития многофункциональных горных экосистем в условиях снижения антропогенного пресса и климатических изменений.

**Благодарности.** Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, проект № 14-05-00233а, и ГЗ (0148-2016-0003).

**Acknowledgments.** This study was carried out with financial support of the Russian Foundation for Basic Research, project no. 14-05-00233a and State Program (0148-2016-0003).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акатов П.В.* Изменение верхней границы распространения древесных видов растений на Западном Кавказе (бассейн р. Белой) в связи с современным потеплением климата // *Экология*. 2009. № 1. С. 37–43.
2. *Блиев М.М., Бзаров Р.С.* История Осетии с древнейших времен до конца XIX века. Владикавказ: Ир, 2000. 354 с.
3. *Бясов К.Х.* Почвы. Владикавказ: Проект-Пресс, 2000. 383 с.
4. *Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Белоновская Е.А., Грачева Р.Г.* Воздействие изменения климата на горные ландшафты Северного Кавказа // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2015. № 12 (6). С. 35–47.
5. *Газданов А.У., Солдатов Э.И.* Горные лугопастбищные угодья Северного Кавказа и пути их улучшения. Владикавказ. 2006. 125 с.
6. *Гаилов Н.Д.* О поземельном устройстве горских племен Терской области. Исторический очерк. Тифлис: Типография Окружного Штаба Кавказского Военного Округа, 1905. 195 с.
7. *Грачева Р.Г., Белоновская Е.А.* Современное состояние пасторальных экосистем Центрального Кавказа // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2010. № 1. С. 90–102.
8. *Грачева Р.Г., Белоновская Е.А., Шоркунов И.Г.* Преобразованные ландшафты Центрального Кавказа // *Геоморфологи. Новые решения старых проблем*. Вып. 5. М.: Медиа-Пресс. 2014. С. 78–93.
9. *Грачева Р.Г., Нефедова Т.Г.* Горные поселения Северной Осетии: современное состояние и возможные перспективы развития // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2007. № 5. С. 7–16.
10. *Давыдова М.В.* Продуктивность степных пастбищ Кавказа // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 1989. № 5. С. 74–83.
11. *Золотокрылин А.Н., Коняев К.В., Титкова Т.Б.* Зависимость между аномалиями индекса вегетации и месячных сумм осадков в зоне умеренного и недостаточного увлажнения // *Исследование Земли из космоса*. 2000. № 6. С. 74–78.
12. *Зонн С.В.* Естественно-историческое районирование Северной Осетии // *Природные ресурсы Северо-Осетинской АССР*. М., 1959. С. 237–258.
13. *Калоев В.А.* Земледелие народов Северного Кавказа. М.: Наука, 1989. 249 с.
14. *Ковалевская В.Б.* Кавказ и аланы. М.: Наука, 1984. 192 с.
15. *Козловский Ф.И.* Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. М.: Наука, 1991. 196 с.
16. *Леонтьев Г.С.* “Дождевые тени” за Скалистым хребтом Центрального Кавказа // *Изв. ГГО*. 1938. Вып. 70. № 2. С. 272–279.
17. *Миллер В.Ф.* Осетинские этюды. Ученые записки императорского Московского университета. М., 1887. V. III. 226 с.
18. *Регионы России 2015.* Социально-экономические показатели. М.: Росстат, 2015. 1266 с.
19. *Природные ресурсы республики Северная Осетия-Алания.* Климат. Владикавказ: Проект-Пресс, 2002. 224 с.



20. Природные ресурсы республики Северная Осетия-Алания. Почвы. Владикавказ, Проект-Пресс, 2000. 324 с.
21. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург: Мир и семья – 95, 1995. 990 с.
22. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
23. Шифферс Е.В. Растительность Северного Кавказа и его природные кормовые угодья. М.–Л.: Наука, 1953. 400 с.
24. Aguiar M.B. Biodiversity in grasslands: current changes and scenarios for the future // Grasslands: Developments Opportunities Perspectives / Reynolds S.G. and Frame J. (Ed.). Roma and Plymouth: FAO and Science Publishers, 2005. P. 261–280.
25. Belonovskaya E.A. The Human-induced Transformation of the Ecosystems of the Caucasus Mountains // EuroMAB IV. Conference Mountain Zonality Facing Global Change. Conference papers, 21 / Breymeyer A. (Ed.). Warszawa: Institute Geografii i prestreżennego Zagospodarowania, Polska Akademia nauk, 1995. P. 42–57.
26. Beniston M. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts // Climate Change. 2003. № 59. P. 5–31.
27. Bernhardt-Römermann M., Römermann C., Sperlich S., and Schmidt W. Explaining grassland biomass – the contribution of climate, species and functional diversity depends on fertilization and mowing frequency // J. of Applied Ecology. 2011. № 48. P. 1088–1097.
28. Bötsch M. Swiss agricultural policy and its focus on grassland // Land Use Systems in Grassland Dominated Regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation Luzern, Switzerland 21–24 June 2004. P. 5–10.
29. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3rd ed. Springer, Wien. 1964.
30. Fischer M., Rudmann-Maurer K., Weyand A., and Stöcklin J. Agricultural Land Use and Biodiversity in the Alps. How Cultural Tradition and Socioeconomically Motivated Changes Are Shaping Grassland Biodiversity in the Swiss Alps // Mountain Research and Development. 2008. № 28(2). P. 148–155.
31. Gracheva R., Kohler Th., Stadelbauer J., and Meessen H. Population dynamics, changes in land management, and the future of mountain areas in the Northern Caucasus: The example of North Ossetia // Erdkunde. 2012. № 66 (3). P. 197–219.
32. Hennekens S.M. and Schaminée J.H.J. TURBOVEG a comprehensive data base management system for vegetation data // J. of Vegetation Science. 2001. № 12. P. 589–591.
33. Hill M.O. DECORANA and TWINSpan for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs. FORTRAN77., Huntingdon: Institute of Terrestrial Ecology, 1979.
34. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. World Soil Resources Reports. 2014. № 106. FAO, Rome.
35. Lavorel S., Quétier F., Gaucherand S., Choler P., Clément G., and Bornard A. Past and present land use effects on subalpine grassland species and functional diversity // Land use systems in grassland dominated regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 21–24 June 2004. P. 287–289.
36. Lüscher A., Fuhrer J., and Newton P.C.D. Global atmospheric change and its effect on managing grassland systems / McGilloway D.A. (Ed.). Grassland: A Global Resource. Wageningen Academic Pub, 2005. 251–264 p.
37. Maurer K., Weyand A., Fischer M., and Stöcklin J. Old cultural traditions, in addition to land use and topography, are shaping plant diversity of grasslands in the Alps // Biological Conservation. 2006. № 130. P. 438–446.
38. Mayer R., Kaufmann R. Vorhauser K., and Erschbamer B. Effects of grazing exclusion on species composition in high-altitude grasslands of the Central Alps // Basic and Applied Ecology. 2009. № 10(5). P. 447–455.
39. O'Connor T.G., Martindale G., Morris C.D., Short A., Witkowski E.T.F., and Scott-Shaw R. Influence of Grazing Management on Plant Diversity of Highland Sourveld Grassland, KwaZulu-Natal, South Africa // Rangeland Ecology & Management. 2011. № 64(2). P. 196–207.
40. Sebastia M.T., de Bello F., Puig L., and Tauli M. Grazing as a factor structuring grasslands in the Pyrenees // Applied Vegetation Science. 2008. № 11. P. 215–223.
41. Tasser E. and Tappeiner U. Impact of land use changes on mountain vegetation // Applied Vegetation Science. 2002. № 5(2). P. 173–184.
42. Tichy L. JUICE, software for vegetation classification // J. of Vegetation Science. 2002. № 13. P. 451–453.
43. White Sh.R., Carlyle C.N., Fraser L.H., and Cahil J.F. Climate change experiments in temperate grasslands: synthesis and future directions // Biology Letters. 2011. № 8. P. 484–487.

## REFERENCES

1. Akatov P.V. Changes in the upper limits of tree species distribution in the Western Caucasus (Belaya River basin) related to recent climate warming. *Russ. J. Ecology*, 2009, no. 1, pp. 37–43. (In Russ.).
2. Blied M.M., Bzarov R.S. *Istoriya Osetii s drevneishikh vremen do kontsa XIX veka* [History of Ossetia from Ancient Time to the end of XIX century]. Vladikavkaz: Ir Publ., 2000. 354 p.
3. Byasov K. Kh. *Pochvy* [Soils]. Vladikavkaz: Proekt-Press Publ., 2000. 383 p.
4. Vinogradova V.V., Titkova T.B., Belonovskaya E.A., Gracheva R.G. The impact of climate change on mountain landscapes of the North Caucasus. *Sovremennye*

- problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, no. 12 (6), pp. 35–47. (In Russ.).
5. Gazdanov A.U., Soldatov E.I. *Gornye lugopastbishchnye ugod'ya Severnogo Kavkaza i puti ikh uluchsheniya* [Mountainous Pastoral Lands of the North Caucasus and Ways of their Improvement]. Vladikavkaz, 2006. 125 p.
  6. Gaibov N.D. *O pozemel'nom ustroistve gorskikh plemen Terskoi oblasti. Istoricheskii ocherk* [On the Land System of the Mountain Tribes of the Terek Region. Historical Essay]. Tiflis: The printing house of the Headquarters of the Caucasian Military District, 1905. 195 p.
  7. Gracheva R.G., Belonovskaya E.A. Current state of the pastoral ecosystems of the Central Caucasus. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2010, no. 1, pp. 90–102. (In Russ.).
  8. Gracheva R.G., Belonovskaya E.A., Shorkunov I.G. Transformed landscapes of the Central Caucasus. In *Geomorfologi. Novye resheniya starykh problem*. [Geomorphologists. New Solutions to Old Problems]. Vol. 5. Moscow: Media-Press Publ., 2014, pp. 78–93. (In Russ.).
  9. Gracheva R.G., Nefedova T.G. Mountain settlements of North Ossetia: current state and possible development prospects. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2007, no. 5, pp. 7–16. (In Russ.).
  10. Davydova M.B. Productivity of the steppe pastures of the Caucasus. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1989, no. 5, pp. 74–83. (In Russ.).
  11. Zolotokrylin A.N., Konyaev K.V., Titkova T.B. *Zavisimost' mezhdru anomaliami indeksa vegetatsii i mesyachnykh sum osadkov v zone umerennogo i nedostatochnogo uvlazhneniya* [The Relationship between Vegetation Index Anomalies and Monthly Precipitation in Temperate and Insufficient Moisture]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2000, no. 6, pp. 74–78. (In Russ.).
  12. Zonn S.V. Natural-historical Regionalization of North Ossetia. In *Prirodnye resursy Severo-Osetinskoi ASSR* [Natural Resources of the North Ossetian ASSR]. Moscow, 1959, pp. 237–258. (In Russ.).
  13. Kaloev B.A. *Zemledelie narodov Severnogo Kavkaza* [Agriculture of the Population of the North Caucasus]. Moscow: Nauka Publ., 1989. 249 p.
  14. Kovalevskaya V.B. *Kavkaz i alany* [The Caucasus and Alans]. Moscow: Nauka Publ., 1984. 192 p.
  15. Kozlovskii F.I. *Sovremennye estestvennye i antropogennye protsessy evolyutsii pochv* [Current Natural and Anthropogenic Processes of Soil Evolution]. Moscow: Nauka Publ., 1991. 196 p.
  16. Leont'ev G.S. "Rain shadows" behind the Rocky Range of the Central Caucasus. *Izv. GGO*, 1938, no. 70(2), pp. 272–279. (In Russ.).
  17. Miller V.F. Ossetian Etudes. *Proceedings of the Imperial University of Moscow*. Vol. III Moscow, 1887. 226 p. (In Russ.).
  18. *Regiony Rossii 2015. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli*. [Regions of Russia 2015. Socio-economic Indicators]. Moscow: Rosstat Publ., 2015. 1266 p.
  19. *Prirodnye resursy Respubliki Severnaya Osetia-Alania. Klimat* [Natural Resources of the Republic of the North Ossetia-Alania. Climate], Vagin V.S., Ed. Vladikavkaz: Proekt-Press Publ., 2002. 224 p.
  20. *Prirodnye resursy Respubliki Severnaya Osetia-Alania. Pochvy* [Natural Resources of the Republic of the North Ossetia-Alania. Soils], Vagin V.S., Ed. Vladikavkaz: Proekt-Press Publ., 2000. 324 p.
  21. Cherepanov S.K. *Plantae Vasculares Rossicae et Civitatum Collimitanearum* (in Limicis URSS olim). St. Petersburg: Mir i Sem'ia Publ., 1995. 990 p.
  22. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and Diagnostic of Soils of Russia]. Smolensk: Oikumena Publ., 2004. 342 p.
  23. Shiffers E.V. *Rastitel'nost Severnogo Kavkaza i ego prirodnye kormovye ugod'ya* [Vegetation of the Northern Caucasus and its Natural Forage Lands]. Moscow-Leningrad: AN SSSR Publ., 1953. 400 p.
  24. Aguiar M.B. Biodiversity in grasslands: current changes and scenarios for the future. In *Grasslands: Developments Opportunities Perspectives*, Reynolds S.G., Frame J., Eds. Roma and Plymouth: FAO and Science Publishers, 2005, pp. 261–280.
  25. Belonovskaya E.A. The Human-Induced Transformation of the Ecosystems of the Caucasus Mountains. In *Euro-MAB IV. Conference Mountain Zonality Facing Global Change. Conference papers, 21*, Brey Meyer A., Ed. Institute Geografii i prestrezennogo Zagospodarowania, Polska Academia nauk, Warszawa, 1995, pp. 42–57.
  26. Beniston M. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climate Change*, 2003, no. 59, pp. 5–31.
  27. Bernhardt-Römermann M., Römermann C., Sperlich S., Schmidt W. Explaining grassland biomass – the contribution of climate, species and functional diversity depends on fertilization and mowing frequency. *J. Appl. Ecol.*, 2011, no. 48, pp. 1088–1097.
  28. Bötsch M. Swiss agricultural policy and its focus on grassland. In *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions*. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation Luzern, Switzerland 21–24 June 2004, pp. 5–10.
  29. Braun-Blanquet J. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien, Springer, 1964.
  30. Fischer M., Rudmann-Maurer K., Weyand A., Stöcklin J. Agricultural Land Use and Biodiversity in the Alps. How Cultural Tradition and Socioeconomically Motivated Changes Are Shaping Grassland Biodiversity in the Swiss Alps. *Mountain Res. Development*, 2008, no. 28 (2), pp. 148–155.
  31. Gracheva R., Kohler Th., Stadelbauer J., Meessen H. Population dynamics, changes in land management, and the future of mountain areas in the Northern Caucasus: The example of North Ossetia. *Erdkunde*, 2012, no. 66 (3), pp. 197–219.

32. Hennekens S.M., Schaminée J.H.J. TURBOVEG a comprehensive data base management system for vegetation data. *J. Vegetation Sci.*, 2001, no. 12, pp. 589–591.
33. Hill M.O. *DECORANA and TWINSpan for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs. FORTRAN77*. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon, 1979.
34. *IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014*. World Soil Resources Reports. 2014. No. 106. FAO, Rome.
35. Lavorel S., Quétier F., Gaucherand S., Choler P., Clément G., Bornard A. Past and present land use effects on subalpine grassland species and functional diversity. In *Land use systems in grassland dominated regions*. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 21–24 June 2004, pp. 287–289.
36. Lüscher A., Fuhrer J., Newton P.C.D. Global atmospheric change and its effect on managing grassland systems. In *Grassland: A Global Resource*. McGilloyway D.A., Ed. Wageningen Academic Pub., 2005, pp. 251–264.
37. Maurer K., Weyand A., Fischer M., Stöcklin J. Old cultural traditions, in addition to land use and topography, are shaping plant diversity of grasslands in the Alps. *Biol. Conservation*, 2006, no. 130, pp. 438–446.
38. Mayer R., Kaufmann R., Vorhauser K., Erschbamer B. Effects of grazing exclusion on species composition in high-altitude grasslands of the Central Alps. *Basic Appl. Ecology*, 2009, no. 10 (5), pp. 447–455.
39. O'Connor T.G., Martindale G., Morris C.D., Short A., Witkowski E.T.F., Scott-Shaw R. Influence of Grazing Management on Plant Diversity of Highland Sourveld Grassland, KwaZulu-Natal, South Africa. *Rangeland Ecology & Management*, 2011, no. 64 (2), pp. 196–207.
40. Sebastia M.T., de Bello F., Puig L., Tauli M. Grazing as a factor structuring grasslands in the Pyrenees. *Appl. Vegetation Sci.*, 2008, no. 11, pp. 215–223.
41. Tasser E., Tappeiner U. Impact of land use changes on mountain vegetation. *Appl. Vegetation Sci.*, 2002, no. 5 (2), pp. 173–184.
42. Tichy L. JUICE, software for vegetation classification. *J. Vegetation Sci.*, 2002, no. 13, pp. 451–453.
43. White Sh.R., Carlyle C.N., Fraser L.H., Cahil J.F. Climate change experiments in temperate grasslands: synthesis and future directions. *Biology Lett.*, 2011, no. 8, pp. 484–487.