



Выделение лесов высокой природоохранной ценности в субальпийском поясе Северо- Западного Кавказа

Н. В. Рогова, Рабочая группа по гусеобразным
Северной Евразии;
В. Э. Скворцов, канд. биол. наук,
МГУ имени М. В. Ломоносова

Введение

Очевидными направлениями в охране лесов являются такие, как противодействие обезлесению, лесовосстановление, неистощительное лесопользование, охрана старовозрастных, нефрагментированных и наиболее богатых по биоразнообразию участков леса, сохранение древостоев, играющих важную средозащитную или социальную роль, т. е. охрана лесов там, где они произрастают сейчас. Но есть и другая важная задача — сохранение общего ареала лесов. Пренебрежение ею приводит к региональному и глобальному сокращению площади лесных экосистем и утрате их влияния на ландшафты, а следовательно, к снижению влажности климата, критическому увеличению инсоляции и перепада температур, развитию эрозии, потере почвенного покрова. В изменившейся картине со временем трудно понять, где и какими в прошлом были леса.

Влияние лесов имеет особую значимость близ границы их распространения, где абиотические условия характеризуются высокой экстремальностью. Благодаря большей биомассе и размерам самих деревьев леса лучше противостоят засухе, ливням, жесткой инсоляции, ветрам, разливам рек и эрозии всех типов. Однако в подобных условиях восстановление леса затруднено, поэтому нарушение лесных сообществ здесь может быстро привести к их полному исчезновению. Леса хорошо противостоят экстремальным условиям только тогда, когда наберут критическую биомассу, а до этого молодые единичные деревья легко вытесняются неселеной растительностью. Нарушения лесов на пределе их ареала могут за короткое время отодвинуть их границу далеко вглубь лесной зоны. Вот почему так важен мониторинг лесных сообществ в области их неустойчивого равновесия с открытыми ландшафтами.

Широтные и высотные границы лесов на Кавказе одни авторы считают климатически обусловленными, другие —



Субальпийский ландшафт с фрагментами лесов

созданными антропогенно. Современная граница лесов в высокогорьях Западного Кавказа хорошо видна на космической съемке, но не хватает знаний о том, насколько она стабильна, где была 100 лет назад и какова ее современная динамика? Ответы на эти вопросы крайне важны для природоохранной стратегии. На нижней границе лесов жесткий контроль лесопользования оправдывается тем, что рубки здесь — главная причина исчезновения лесов, но справедливо ли это утверждение и для верхней границы? Изучение данного вопроса невозможно без создания подробной карты и зонирования лесов в субальпийском поясе, выполненных по единой методике. Целью настоящей работы было создание такой карты для Северо-Западного Кавказа в пределах Краснодарского края, Республики Адыгея и Карачаево-Черкесской Республики.

Постановка проблемы

На своей верхней границе горные леса обычно контактируют с лугами, образованными мощным высокотравьем. В Европе (и на Кавказе) их обычно называют субальпийскими лугами, на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке — подгольцовыми; в них часто присутствуют и кустарники, среди которых особенно выделяются заросли березы и рододендрона. Широкое распространение высокотравных лугов вдоль верхней границы леса во многом связано с экологическими функциями самих лесов. Леса, во-первых, смягчают мезоклимат, во-вторых, задерживают водные потоки, создавая пояс повышенной влажности, что в сочетании с высоким уровнем инсоляции формирует более высокую травяную биомассу и более плодородные почвы. Таким образом, лес поддерживает существование высокотравья, но не наоборот, поскольку развитие молодых деревьев требует участков с разреженным травостоем. Эта несимметричность взаимоотношений нуждается в особом внимании.

Почти все древесные породы, слагающие верхнюю границу лесов на Северо-Западном Кавказе (далее — СЗК) не специфичны для высокогорий и встречаются почти по всему профилю горных склонов. Распространены, в частности, пихта кавказская (*Pinus nordmanniana*), сосна Коха (*Pinus kochiana*), клен-явор (*Acer pseudoplatanus*), граб (*Carpinus betulus*) и ясень (*Fraxinus oxycarpa*). Ель восточная — более высокогорный вид, но и она опускается примерно до 800 м над ур. моря. На самой границе лесов произрастают и все виды вечнозеленого подлеска [16]: самшит (*Buxus colchica*), лавровишня (*Laurocerasus officinalis*), падуб (*Ilex colchica*), рододендроны (*Rhododendron spp.*). Иначе говоря, современная верхняя граница лесов на СЗК образована в принципе теплолюбивыми видами, не страдающими от близости к более холодным высокогорьям.



В субальпийском поясе встречаются и специфические древесные породы, например береза Литвинова (*Betula litwinowii*) и клен Сосновского (*Acer sosnowskyi*), не растущие на меньших высотах. Однако они часто образуют самостоятельные заросли и обычно не входят в состав сомкнутых лесов.

Другое свойство лесов СЗК на современном верхнем пределе — это крупные размеры слагающих их деревьев, т. е. заметного уменьшения толщины и высоты деревьев в таких лесах не происходит. Буки и пихты здесь регулярно достигают в высоту 30 м и более при толщине 1–2 м. Это также может означать, что лес на СЗК в современности не достигает на верхней границе своих экологических пределов.

Вопрос о стабильности границы между лесом и субальпийскими лугами на СЗК неоднократно изучался применительно к различным лесообразующим породам, как к листовым, так и к хвойным [1–8, 10, 12–14, 19].

По прогнозам авторов, потепление климата может привести на Кавказе к поднятию верхней границы лесов на 200–300 м и к колоссальному расширению лесного фонда. Фактические же результаты не демонстрируют никаких определенных тенденций. Так, верхняя граница ели и пихты не изменилась; для ильма шершавого и двух видов клена (явора и обыкновенного) в одних местах сдвигов верхних границ не отмечено, в других же наблюдалось повышение ее на 10–60 м. Однако ни ильм, ни клен не определяют высотную границу леса, они лишь встречаются как примесь в буковых, пихтовых и еловых лесах. Смещение верхней границы их популяций означает лишь увеличение доли этих пород в существующих лесах, а отнюдь не продвижение этих лесов в субальпийский пояс.

Авторы таких исследований уделяют внимание скорее гипотетическим связям между климатом и распространением лесов, но обходят стороной вопрос о влиянии хозяйственной деятельности на положение верхней границы лесов. Между тем распространение леса в горы — процесс медленный, вырубка же лесных массивов идет очень быстрыми темпами. Вопрос о естественности верхней границы лесов на Кавказе можно решить, лишь зафиксировав сегодняшнюю границу картографически в масштабах всей горной системы и начав ее регулярный мониторинг дистанционными и полевыми методами.

Ценности субальпийских лесов и их место в типологии ЛВПЦ на Северо-Западном Кавказе

Помимо очевидных средозащитных функций субальпийских лесов [9, 18], переходная зона между лесами и лугами важна как резерват биоразнообразия, поскольку здесь формируется экотон с условиями, плавно меняющимися вдоль высотного градиента, где может сосуществовать множество видов с различной экологией и общая концентрация видово-

го богатства выше, чем отдельно на субальпийских лугах и в лесах.

Материалы и методы

В настоящей работе использованы следующие исходные материалы:

- космическая съемка среднего (Sentinel-2) и высокого разрешения (из сервисов Google Maps и «Яндекс. Карты»), последняя применялась для визуального анализа ландшафтов и растительности и повышения точности ручного дешифрирования;
- цифровая модель рельефа Aster GDEM (ЦМР);
- геоботанические описания различной подробности, сделанные в разных местах Западного Кавказа в период 2004–2018 годов (выполнены В. Э. Скворцовым);
- цифровые фотографии ландшафтов, растительности и мест обитания, сделанные в разных местах Западного Кавказа в период 2004–2018 годов (авторами лично; Н. С. Ликсаковой, БИН РАН; О. В. Григорьевой, МГУ). Фотографии 2012–2018 годов привязаны автоматически или полуавтоматически (в программе *Geotsetter*), более ранние — вручную с космической съемки высокого разрешения.

Проект не предусматривал полевых работ, но в нем использованы данные, полученные в наших экспедициях предыдущих лет: хр. Ачишхо (2004 год), хр. Аишхо (2008–2011 годы), Адыгея (2016–2018 годы), Азербайджан (2013–2015 годы), Грузия (2015 год).

Предварительный анализ космических изображений проведен полуавтоматически в программе *ScanEx Image Processor* и приложениях платформы *Google Earth Engine*. Съемка высокого разрешения использована для визуального анализа в том виде, в каком ее предоставляют компании Google и «Яндекс».

Общие проблемы выделения смешанных лесов с участием хвойных пород на СЗК

На генерализованных изображениях граница лесов в высокогорьях СЗК часто видна как вполне отчетливая линия, проходящая на той или иной высоте над уровнем моря. На подробных снимках она в ряде случаев остается точно такой же, и тогда картирование ее не представляет больших сложностей. Однако чаще определить эту границу сложно из-за пестроты растительной мозаики, а также особенностей рельефа и даже некоторых специфических свойств самой космической съемки. Ниже приведен список типичных проблем, возникающих при картировании субальпийских лесов:

1. В субальпийском поясе часто встречаются деревья, разбросанные по открытому пространству с плотностью, слишком низкой для лесных сообществ.

В нашей классификации региональных ВПЦ [15] субальпийские леса присутствуют в явном виде в составе категорий ВПЦ 1 и ВПЦ 2:

1.5.4.1 и 2.2.2.1 — комплексы буковых, пихтовых и буково-пихтовых лесов в верхней части лесного пояса с примыкающими к ним субальпийскими редколесьями, криволесьями, стланиками, родоретами и кустарниковыми сообществами.

Комплексные субальпийские сообщества являются резерватами таких редких видов, как можжевельник казачий

(*Juniperus sabina* L.), рожь Куприянова (*Secale kuprijanovi* Grossh.), диоскорея кавказская (*Dioscorea caucasica* Lipsky), рябина Буша (*Sorbus buschiana* Zinserl.), рябина колхидская (*Sorbus colchica* Zinserl.).

Субальпийские леса попадают также в категорию ВПЦ 4 (экосистемные услуги) как водоохранные и как противозерозионные.

Наконец, несомненно эстетическое и туристическое значение этих ландшафтов, что в разной мере отражено в различных категориях ВПЦ 5 и ВПЦ 6.



2. Верхние области одних лесных массивов могут быть сомкнутыми, а других на той же высоте — несомкнутыми, с большими полянами. Если несомкнутость массивов естественна, то их следует относить к переходной зоне и картировать целиком, а если она связана с нарушениями, то правильнее картировать только части, примыкающие к безлесным пространствам.

3. В переходной зоне часто встречаются криволесья, состоящие из березы, бука, клена Траутфеттера, рябины, ивы и др., которые имеют различную площадь, плотность и интегрированность.

4. Кроме того, в переходной зоне часто встречаются заросли молодняка бука, пихты и ели различной плотности и площади. Их происхождение может быть связано с разными причинами: вырубками, периодическими природными нарушениями (лавины, сели) или же с продвижением леса вверх (в горы). Из-за этого прогнозировать динамику таких участков очень трудно.

5. Здесь же обычны и кустарниковые заросли, образованные видами рододендрона, смородины, ивы, рябины, кизильником, свидиной и др., а также специфические стланиковые сообщества.

Таким образом, на границе леса и субальпийского пояса существует много различных объектов, часто образующих сложные сочетания. С точки зрения растительности все эти объекты заслуживают отдельного рассмотрения, но они сложны для автоматического и даже визуального дешифрирования и плохо поддаются разделению.

6. Для снимков горной местности характерны резкие тени, сильно меняющие спектры отражения любых объектов. Размеры теней зависят от угла съемки и положения солнца над горизонтом в момент пролета спутника. На границе лесных массивов большая часть теней создается самими деревьями, поэтому линия границы может подчеркиваться тенью (оставаясь на реальном месте), размываться при ярком освещении спереди или же визуально смешаться (иногда очень далеко) во внешнюю сторону при освещении сзади. На эту картину накладываются тени, отбрасываемые склонами и т. п. В результате могут возникать фантомные объекты, а реальные — исчезать или терять свои дешифровочные признаки. Хорошей иллюстрацией этих проблем является работа А. Ф. Комаровой [11].

Попытка дешифрировать современными методами растительную мозаику в переходной области от леса к субальпийским лугам без разумной генерализации приводит к избыточно сложной и недостоверной картине, которая содержит гораздо меньше подробностей, чем кажется, и при этом искажает реальные объекты. Мы также показали выше, что все типы растительности в этой зоне вносят уникальный вклад в ее биоразнообразие и средозащитные функции, а значит принципиально, чтобы в картируемую область попало максимальное разнообразие объектов. Универсальным решением такой задачи является построение однородного по ширине буфера вдоль видимой границы, а при ее отсутствии — захват всей области, включающей одновременно объекты лесного и нелесного характера при условии, что лесные объекты формируют древостои достаточной плотности. Отдельно стоящие деревья или их группы

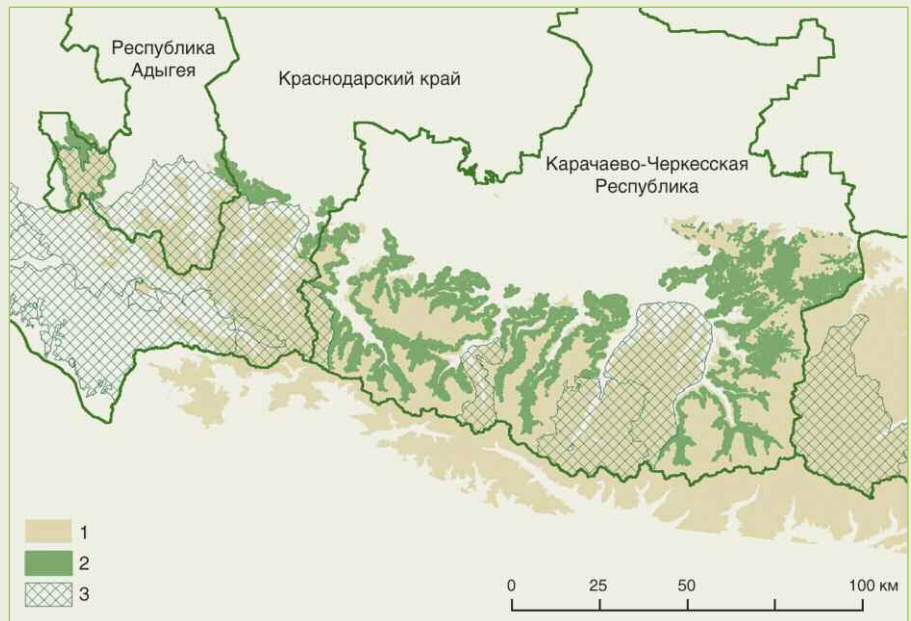


Рис. 1. Территория исследований и общее покрытие субальпийских лесов вне ООПТ на Северо-Западном Кавказе:

1 — горные территории на высоте более 1700 м над ур. моря; 2 — выделенные участки субальпийских лесов; 3 — федеральные ООПТ

при том попадают в итоговые контуры в составе буферов или как элементы сложной растительной мозаики.

Процедура картирования

В среде ArcGIS собран единый GIS-проект; к нему по мере возможности (с учетом точности привязки) присоединены более ранние данные. Картирование субальпийских лесов проведено прямым позитивным методом (метод прямого дешифрирования) [16]: целевые участки непосредственно выделены из окружающих ландшафтов без необходимости предварительного исключения антропогенно нарушенных территорий и инфраструктуры. Предварительный анализ, выполненный на основе литературы, фотографий, ЦМР и полевых данных показал, что верхняя граница лесного пояса на СЗК начинается от 1700 м над ур. моря. Ниже этой линии субальпийская растительность не существует как самостоятельный пояс, поэтому отсутствие леса здесь обусловлено нарушениями, а не высотной сменой растительности. Верхняя граница леса может проходить и гораздо выше (до 2 500 м) в зависимости от конкретной территории (все такие случаи рассмотрены нами как естественные).

В качестве исходной территории (рис. 1) взяты горные области Адыгеи, Карачаево-Черкесии и Краснодарского края с высотами от 1500 м над ур. моря, из которых исключены все территории федеральных ООПТ: такое сужение рабочей области сократило время на обучение машинных алгоритмов и выполнение последующей автоматической процедуры. Граница на уровне 1 500, а не 1700 м использована для учета возможных исключений и для более полноценного обучения компьютерного алгоритма.

На рис. 1 высота 1700 м над ур. моря принята как условно-типичная граница сплошных лесных массивов, выше которой начинается взаимопроникновение лесов и субальпийских нелесных сообществ. В работе мы часто немного отступали от этой границы вверх или вниз, поскольку ее положение не везде одинаково и зависит от самых различных факторов. Однако в среднем она является маркером для перехода от полуавтоматического выделения к ручному.

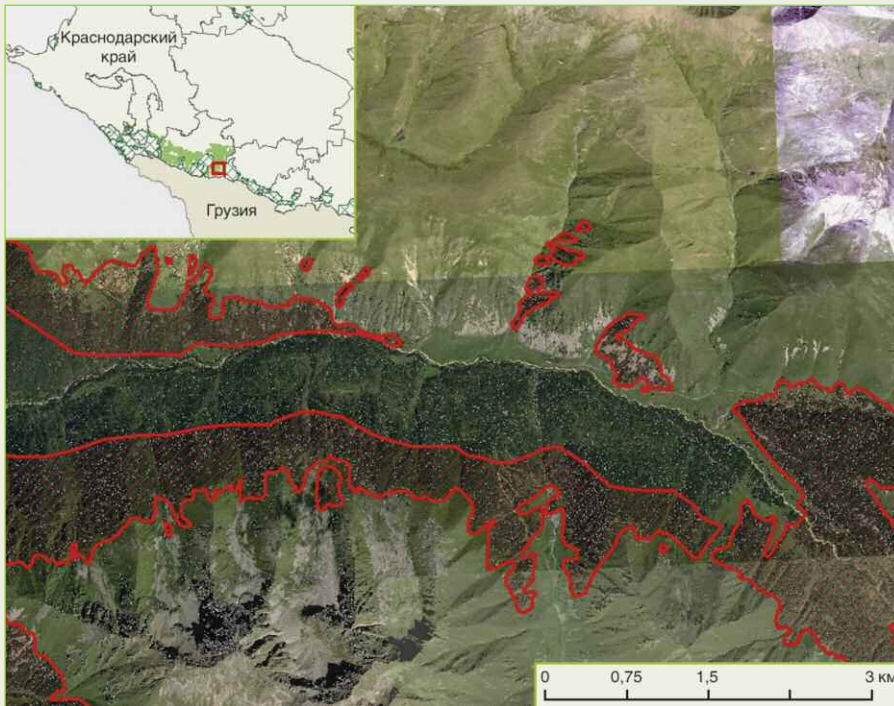


Рис. 2. Особенности выделения субальпийских лесов в узких и вытянутых высокогорных массивах (высокогорный лесной массив в Карачаево-Черкесии в районе пос. Хурзук): красная линия обозначает границы выделенных нами участков субальпийских лесов

В Адыгее и в Краснодарском крае площадь ООПТ в высокогорьях настолько велика, что лишь немногие участки требуют картирования для организации иного типа территориальной охраны. Основная наша работа была сосредоточена в Карачаево-Черкесии, где, несмотря на наличие крупных заповедников, более 80 % площади высокогорий оказалось вне ООПТ. Выделенные нами субальпийские леса занимают в итоге почти половину всей площади высокогорий в Карачаево-Черкесской Республике.

Затем осуществлено автоматическое выделение субальпийских лесов на съемке среднего разрешения методом нейронных сетей с обучением в пределах, заданных ЦМР (от 1 500 до 2 500 м над ур. моря). Алгоритм фиксировал границы вдоль контрастных объектов в высокогорьях, однако точность процедуры неустранимо ограничивалась наличием резких теней. Кроме того, некоторые объекты (кустарники, молодняк, криволесья) могли в равной мере попадать и в лесную, и в нелесную растительность, искажая границы. Поэтому полученный слой требовал очень тщательной ручной корректировки, которая (как и дополнительное визуальное выделение субальпийских лесов) проведена по съемке высокого разрешения с последующей верификацией по фотографиям, описаниям и литературе.

Вниз по склону от границы леса откладывался 500-метровый буфер; иногда он сужался или расширялся из-за особенностей рельефа не более чем на 100 м. В качестве границы выбирались края только крупных лесных массивов, а не узких языков леса или островов лесной растительности, а все участки, расположенные выше, картировались целиком, независимо от расстояния от границы крупных массивов. Подобный подход позволял получить контуры, достаточно естественные с ландшафтной точки зрения примерно в 80 % случаев. В остальных ситуациях приходилось прибегать к индивидуальным решениям. Особенно часто это касалось ситуации с объединением узкой полосы леса, немного превышающей по ширине 1 км (500 м + 500 м), в систему с двумя буферами, откладывавшимися вглубь леса с каждой его стороны.

На рис. 2 проиллюстрирована очень типичная ситуация, обусловленная тем, что лесные массивы во многих местах заходят в высокогорья языками вдоль речных долин и ущелий. За счет этого они имеют вытянутую форму и относительно небольшую ширину, однако не настолько малую, чтобы весь участок леса был включен в состав субальпийских лесов. В данном случае представлен массив шириной от 1 до 2 км, причем его центральная часть имеет высокую плотность древостоя и удалена от субальпийских ландшафтов, следовательно, подобные участки надо рассматривать как типичные сомкнутые леса без субальпийской специфики. Такие леса мы не картировали, поэтому внутри подобных массивов итоговый слой содержит протяженные «вырезы» различной ширины, иногда даже замкнутые (наподобие кольца). Тем не менее в дальнейшем аналогичные массивы можно целиком включать в состав ЛВПЦ на основе суммирования ценностей. В частности, внутренние фрагменты леса очень часто будут располагаться на крутосклонах и входить в соответствующие ОЗУ.

При отсутствии явно выраженной границы все леса, расположенные среди безлесных пространств, включались в итоговый слой; внутренний же буфер создавался только в пределах крупных массивов, превышающих в любом измерении 1 км. Небольшие фрагменты лесов на фоне безлесных субальпийских ландшафтов (до 1 км в любом измерении) включались в итоговый слой целиком, однако буфер в таких случаях не откладывался, поскольку граница лесного массива в данном случае не означает границы лесного пояса. Тем не менее при наличии вокруг таких фрагментов леса других форм древесной растительности (кустарниковые заросли, криволесье) они включались в состав субальпийских комплексов вместе с их лесными ядрами.

Наконец в целом ряде ситуаций при выделении целевых ландшафтов требовалось исключить вручную некоторые объекты искусственного или естественного происхождения. Речь идет о трех основных случаях:

- исключение инфраструктуры;
- исключение рубок;
- выделение субальпийских лесов в ландшафтах с крайне разреженным древостоем.

В ландшафтах, с которыми мы работали, инфраструктура связана в основном либо с рубками, либо со строительством туристических и спортивных объектов. Поскольку на таких высотах транспортные коммуникации крайне ограничены, вся инфраструктура привязана к сравнительно немногочисленным дорогам, хорошо дешифрирующимся на снимках, в том числе автоматически. Проследивая местность вдоль дорог, мы имели возможность исключить даже небольшие объекты, вплоть до отдельных домов (рис. 3).

Территория на рис. 3 находится вдали от населенных пунктов; вся сцена занимает область выше 1 700 м над ур. моря. Ландшафт примечателен наличием линейных структур, вдоль которых деревья растут либо в один ряд, либо даже в два ряда, по одному с каждой стороны; они не могут иметь естественного происхождения и являются, очевидно, дорожной инфраструктурой, вероятно, туристического назначения. Это подтверждается и тем, что в 2014 году

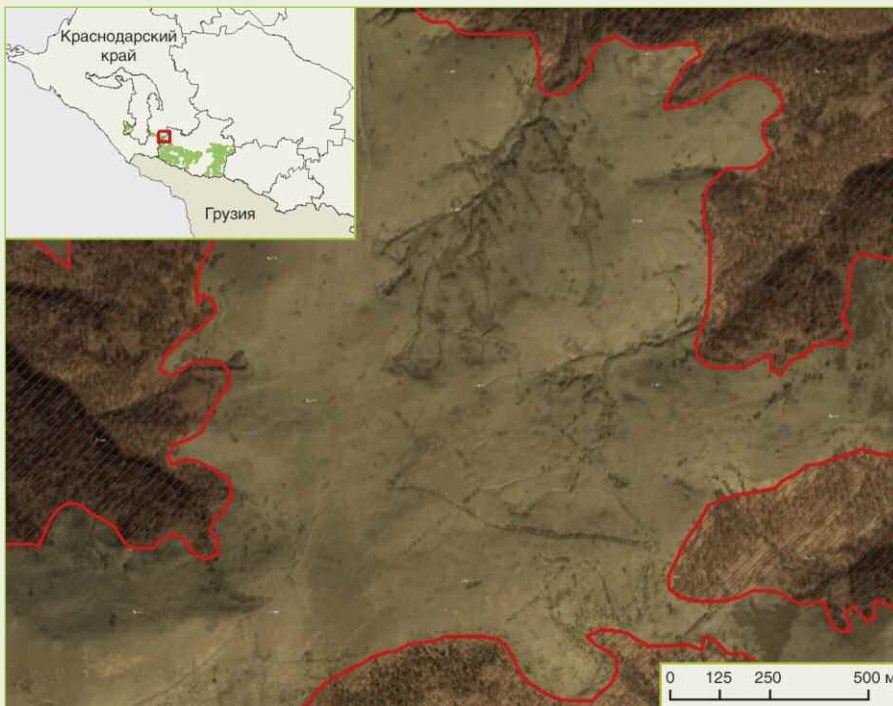


Рис. 3. Особенности выделения субальпийских лесов в местах с развитой инфраструктурой (фрагмент высокогорной территории на юге Краснодарского края у границы с Карачаево-Черкесией; 43°55'46.50"N, 40°47'16.62"E): красная линия обозначает границы выделенных нами субальпийских лесов

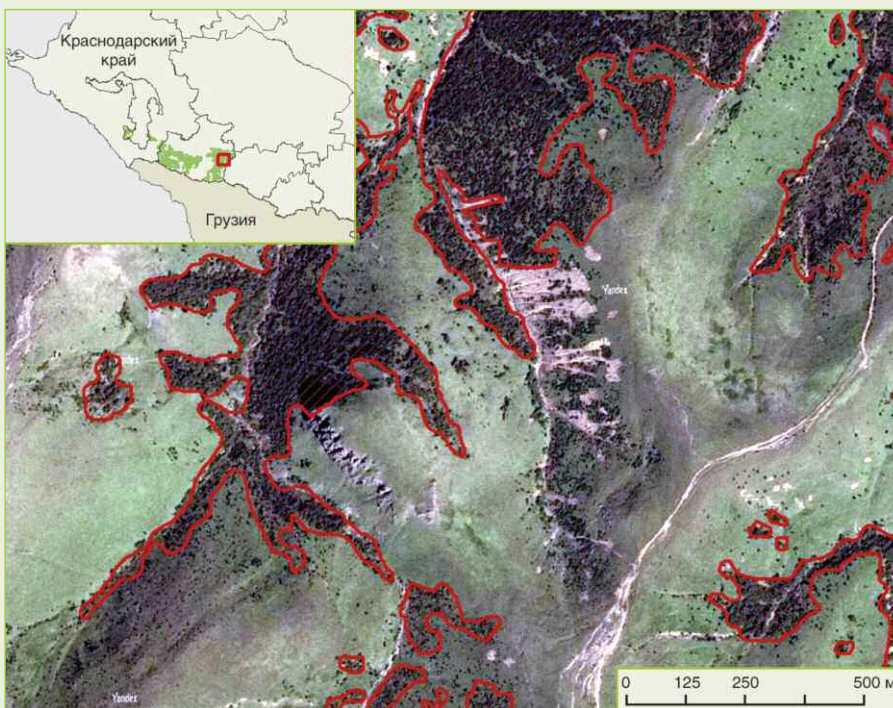


Рис. 4. Рубки в субальпийском поясе и их влияние на леса и ландшафт (фрагмент высокогорной территории на юге Краснодарского края у границы с Карачаево-Черкесией): красная линия обозначает границы выделенных нами субальпийских лесов

в конце одной из дорог появился дом, отсутствовавший здесь на предыдущей сцене в 2012 году. Подобные снимки подтверждают то, что антропогенная инфраструктура проникает далеко в высокогорья, в том числе выше уровня лесов, причем она может быть и постоянной, и временной, и возобновляемой. В центральной области снимка деревья растут далеко за пределами лесных массивов, следовательно, верхняя граница обусловлена здесь не климатом

а климатически обусловленная граница леса, скорее всего, проходит выше, тем более что на этой территории нет постоянных ледников, ограничивающих (как на рис. 7) распространение леса физически. Мелкие фрагменты лесов, включенные в итоговый слой на рис. 4, очевидно, являются недорубленными фрагментами более крупных массивов. Охранять их целесообразно, однако естественные особенности структуры лесного покрова высокогорий они никак не отражают.

и не высотой. Вероятно, лес здесь некогда существовал всюду, но был вырублен, ряды деревьев сохранились только в отдельных местах вдоль дорог. Подобные участки никогда не включались нами в итоговый слой.

Типичный пример исключения рубок приводится на рис. 4. Свежие и относительно недавние рубки выявляются в высокогорных ландшафтах сравнительно легко, поскольку они резко меняют текстуру снимка на среднем разрешении и имеют хорошо выраженную правильную форму, очень нехарактерную для границ лесных массивов в высокогорьях, где она, как правило, неровная; кроме того, рубки всегда располагаются вблизи дорог. Одним из интересных, хотя и неоптимистичных выводов нашей работы является многочисленность свежих рубок даже на высоте около 2 000 м. Одновременно следует иметь в виду, что зарастание вырубок высокогорьем в субальпийском поясе идет быстро, и они вскоре теряют характерный сигнал обнаженного грунта, поэтому старые рубки могут выглядеть как естественные редколесья. Однако регулярное наличие таких «редколесий» вдоль дорог (см. также рис. 3) и в местах, где рубки происходят и сейчас, свидетельствует о том, что ландшафты с редкостойными деревьями в высокогорьях представляют собой во многом результат экспансии лесного хозяйства в верхние области лесного пояса.

Территория на рис. 4 находится вдали от населенных пунктов; вся сцена занимает область выше 2 100–2 200 м над ур. моря. Рубки легко опознаются как более светлые белесые области, наиболее обширные в центре изображения и напоминающие по цвету дорогу, проходящую наискось в правом нижнем углу. Во многих местах на фоне белесых пятен заметны темно-зеленые фрагменты оставшегося древостоя. Все рубки расположены вдоль хорошо заметных дорог, при этом одновременно вдоль дорог видны деревья, растущие в один или два ряда (как на рис. 3), а также области с единичными деревьями, разбросанными посреди безлесных пространств. Сопоставление рис. 3–5 свидетельствует о том, что даже на таких высотах безлесье может быть результатом рубок и других антропогенных нарушений,

Субальпийские леса в ландшафтах с крайне разреженным древостоем (очень типичные для исследованной области) представлены на рис. 5. Независимо от происхождения на таких участках по возможности также требовалось выделять фрагменты, соответствующие задаче проекта. Аналогичные проблемы возникли у нас и при выделении лесов с участием хвойных пород [17]. Здесь мы действовали по такой же схеме: в качестве фрагментов лесной растительности выделяли только участки размером не менее размера типичного лесного выдела и с сомкнутостью крон не менее 10 %, что приблизительно соответствует одной единице состава древостоя по лесоустойчивой формуле.

Рис. 5 иллюстрирует еще одну типичную ситуацию, возникающую при картировании субальпийских лесов, когда, помимо массивов с относительно четкими границами, в высокогорьях присутствуют отдельные деревья; расстояния между ними варьируют от нескольких метров до нескольких десятков метров. Включать в итоговые слои все участки с изолированными деревьями невозможно физически, да это и не является картированием, поскольку отдельные деревья не выполняют функции леса. Происхождение таких сверхразреженных древостоев требует выяснения, но не исключено, что они являются результатом рубок, после которых мощно развившийся травянистый ярус не дает деревьям восстанавливаться нормально.

Отдельную сложность представляло картирование лесов вдоль границ крупных ООПТ в связи с тем, что эти границы не всегда точно отражаются на существующих картах. Более детально данная проблема и ее решение проиллюстрированы на рис. 6, на котором видно, что в распределении лесов относительно границ заповедника наблюдаются три случая.

1. Лес, растущий в заповеднике, продолжается вне его пределов на значительное расстояние (справа), т. е. граница заповедника намеренно проведена внутри лесного массива.

2. Вне заповедника растет лес, отделенный от границы заповедника значительным безлесным пространством (красные контуры в центре), т. е. такие леса намеренно не включены в состав заповедника.

3. Крупный лесной массив, находящийся почти целиком в заповеднике, выступает из него только на самом краю (почти везде вдоль горизонтального отрезка границы заповедника), т. е. по непонятным причинам граница заповедника и граница включенного в него лесного массива не совпадают.

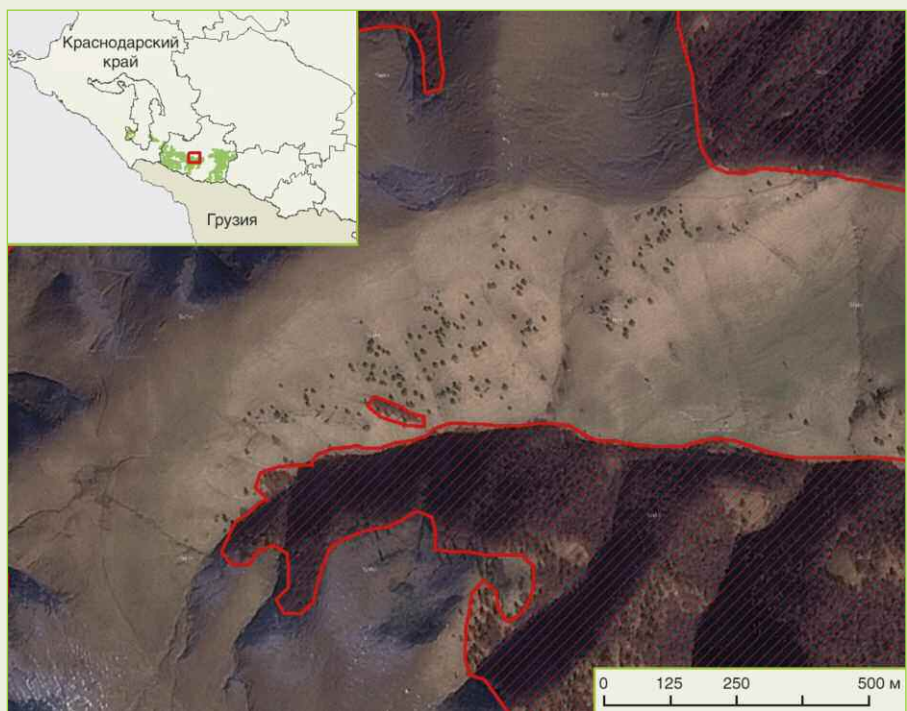


Рис. 5. Особенности выделения субальпийских лесов в областях с крайне разреженным древостоем (территория в центре высокогорий Карачаево-Черкесии, малонаселенная местность): красная линия обозначает границы выделенных нами участков субальпийских лесов

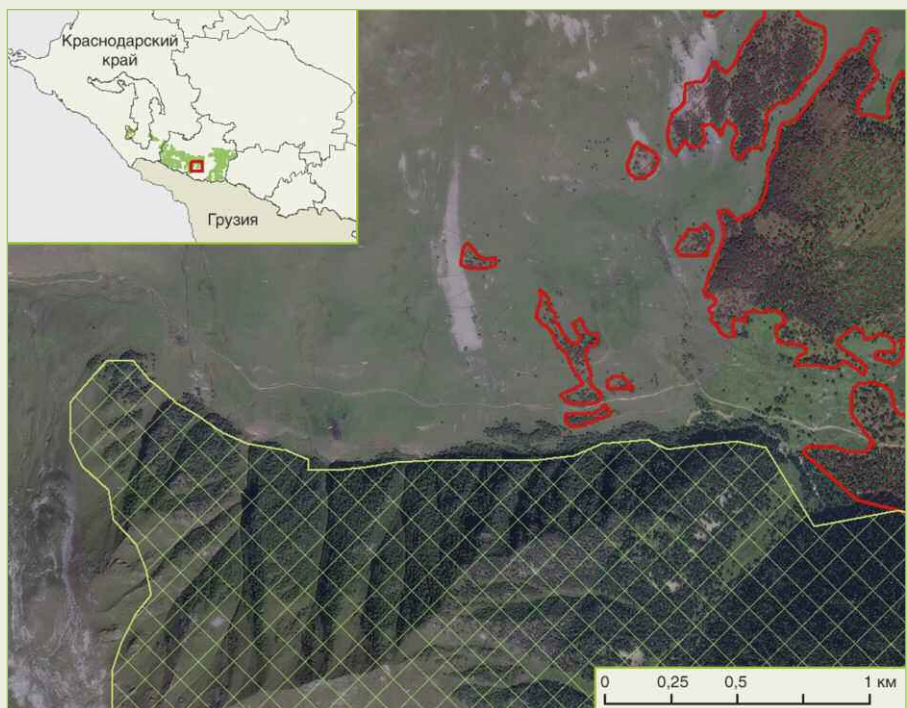


Рис. 6. Особенности картирования субальпийских лесов на границах крупных ООПТ (фрагмент высокогорий на северной границе Тебердинского заповедника): зеленой сетчатой штриховкой обозначена территория заповедника, более толстой внешней линией – граница заповедника (по данным сайта www.oopt.aari.ru); красная линия показывает границы выделенных контуров субальпийских лесов; желтая — совпадение границы заповедника с границей выделенных субальпийских лесов

В первом и во втором случаях субальпийские леса, подходящие по прочим критериям, включены нами в итоговые слои как участки, очевидным образом не входящие в состав заповедника. Третий же случай выглядит нелогичным. Мы полагаем, что границы заповедника и включенного в него лесного массива не совпадают только по техническим при-

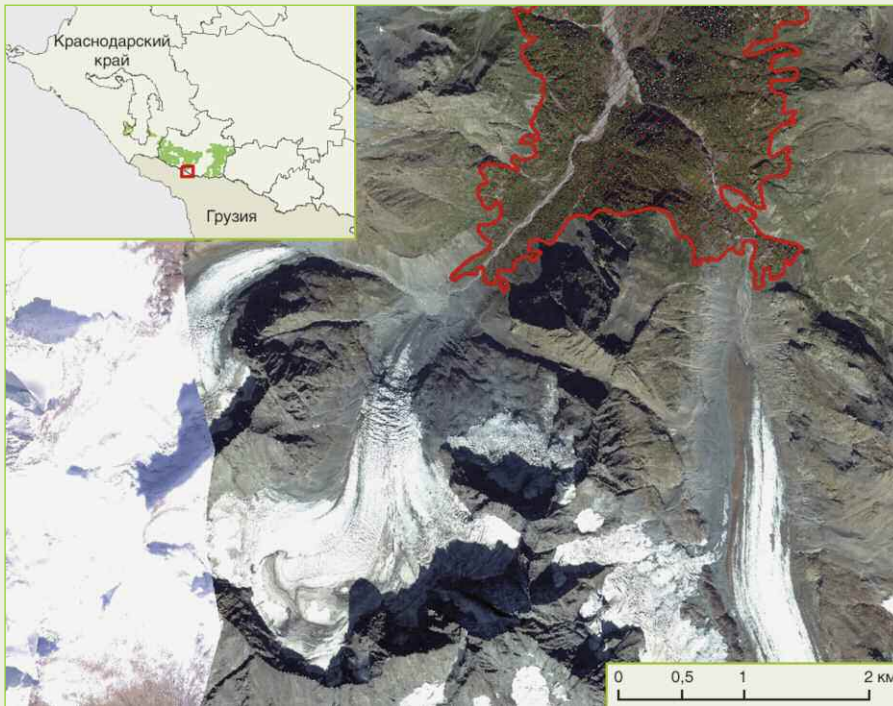


Рис. 7. Естественные высотные ограничения для произрастания лесов в субальпийском поясе (часть хр. Эрцахо в Карачаево-Черкесии): красная линия обозначает границы выделенных нами участков субальпийских лесов

чинам: из-за неточности отображения границы. В действительности они должны совпадать, и весь массив должен оказаться внутри заповедника. По этой причине такие мелкие фрагменты лесов вдоль границ крупных ООПТ мы при картировании игнорировали.

Результаты и их обсуждение

Основным результатом работы является ГИС-слой, содержащий полное покрытие субальпийских лесов вне охраняемых природных территорий для СЗК в границах Краснодарского края, Республики Адыгея и Карачаево-Черкесской Республики.

Суммарная площадь покрытия выделенных нами субальпийских лесов составляет 143 172 га. Распределение по субъектам федерации таково (га): Краснодарский край — 9 735, Республика Адыгея — 7 065, Карачаево-Черкесская Республика — 126 372.

К сожалению, нет возможности привести площади всех субальпийских лесов по каждому из субъектов и по всему СЗК, поскольку выделение их в пределах ООПТ не являлось задачей данного проекта, а сравнимые с нашими научные или инвентаризационные данные по не охваченным нашей работой территориям отсутствуют.

В любом случае именно в Карачаево-Черкесии самая большая площадь лесов вдоль границы с субальпийским поясом, не имеющих специального природоохранного статуса. Об этом свидетельствует хотя бы то, что площадь не охраняемых лесов в поясе, переходном к субальпийскому, составляет почти 10 % от площади всей республики.

Полученный нами картографический слой является основой для выделения чрезвычайно важного комплекса ЛВПЦ (см. раздел «Ценности субальпийских лесов и их место в типологии ЛВПЦ на Северо-Западном Кавказе»). С одной стороны, речь идет о выделении мест концентрации высокого биоразнообразия, с другой стороны, леса, находящиеся на границах с субальпийским поясом, выполняют в основном средозащитные функции различного типа и соответствуют

критериям ЛВПЦ 4. В принципе, такие леса выполняют также эстетические функции, формируя своеобразные ландшафты высокогорий и попадая в категорию ЛВПЦ 5 [15].

Кроме того, результаты нашей работы открывают возможности для объединения субальпийских лесов в систему с примыкающими к ним лесами, находящимися на меньших высотах и сопровождающих ущелья и долины горных рек. В данном случае речь уже идет о выделении ЛВПЦ 2, т. е. крупных, относительно ненарушенных лесных ландшафтов. Поскольку субальпийские комплексы представляют собой относительно неширокую полосу сложной формы на границе лесов и безлесных участков, такой прием оказывается наилучшим для образования на их основе компактных нерасчлененных массивов.

Анализ показывает, что около 60 % субальпийских лесов входят в состав сильно расчлененных ландшафтов, где между краями массивов, примыкающих к безлесным высокогорьям, находятся лишь незначительные разрывы, заполненные сомкнутыми

лесами несубальпийского характера (см. рис. 2). Сам по себе характер рельефа в таких ландшафтах подразумевает, что внутренние участки леса будут, как правило, произрастать на крутых склонах, а это отвечает критериям выделения соответствующих ОЗУ. Для объединения внутренних массивов с внешними понадобится технический анализ ЦМР в сопоставлении с полученным нами слоем. Всюду, где крутосклоны на внутренних участках занимают большие площади, можно говорить о выделении ЛВПЦ комплексного характера, сочетающих в себе высокое биоразнообразие, средоохранные функции и эстетическую нагрузку.

Помимо сказанного, в процессе выполнения анализа снимков, научных данных и последующего картирования мы вплотную подошли к общей проблеме высотных границ леса на СЗК, решение которой может значительно повлиять на природоохранную стратегию во всем регионе, поскольку еще раз затрагивает вопрос о масштабах влияния хозяйственной деятельности на лесные сообщества даже в таких районах, где возможности этой деятельности существенно ограничены в силу неблагоприятных условий.

Факторы, ограничивающие распространение лесов в высокогорьях СЗК и других горных систем

Считается, что основным фактором, ограничивающим продвижение леса вверх, является климат и погодные явления. Мы вполне согласны с этой идеей и еще раз сформулируем ее биологическую подоплеку, которая в литературе редко подробно объясняется. Основной особенностью настоящих деревьев является сосредоточенность их биомассы в надземной сфере, причем большая ее доля приходится на древесину, т. е. на мертвые ткани. У травянистых многолетних растений (а также полукустарников) и невысоких кустарников), наоборот, значительная, если не подавляющая, биомасса сосредоточена под землей и представлена органами (корневища или луковицы), почти целиком образованными живыми тканями, в результате чего подземные побеги продолжают расти под землей, даже если надземные



не появляются или находятся в состоянии покоя. Деревья, таким образом, очень зависимы от состояния живых листьев и почек, расположенных высоко над землей, в то время как травянистые растения имеют хорошо развитую буферную биомассу, находящуюся в сравнительной безопасности ниже уровня почвы.

Возможны древесные формы с относительно высокой долей живой подземной биомассы, которые имеют стелющийся рост и часто называются стлаником. Некоторые виды способны расти и как настоящие деревья, и как стланики, в частности бук, береза, рябина, ива, клен, самшит, падуб, лавровишня. Другие виды принципиально имеют только один тип роста. Так, можжевельник высокий — это дерево, а можжевельник казачий — стланик.

Настоящие деревья, естественно, сильнее подвержены холоду зимой, поэтому температурные ограничения могут формировать верхнюю границу леса и сами по себе. Однако этот фактор не настолько критичен, так как зимой живые части находятся в состоянии покоя. Намного опаснее воздействие весенних заморозков, повреждающих уже начавшие расти и ничем не защищенные побеги. Поскольку погода в высокогорьях гораздо менее устойчива, с увеличением высоты весенний период становится все менее благоприятным для настоящих деревьев. Травянистые растения защищены от зимних холодов снегом, а от весенних заморозков — наличием спящих почек под землей.

Второй очень активный фактор, работающий в высокогорьях, — это сильные ветры, вызывающие не только сильное охлаждение, но и иссушение; деревья подвержены ему гораздо сильнее, чем травянистые растения. При постоянно дующих ветрах возникает также абразия побегов, зимой выживаемая снегом, а летом — частями горных пород.

В-третьих, значительное влияние оказывает продолжительность вегетационного периода, особенно длительность лежания снежного покрова. Деревьям для формирования критически необходимой биомассы (значительная часть которой превращается в древесину и больше не имеет энергетической ценности для дерева) требуется больше времени, чем травянистым растениям, запасующим под землей биомассу, готовую к использованию.

Принципиален в высокогорьях также высокий уровень инсоляции, повреждающей живые части растений, и опять-таки деревья от этого воздействия защищены хуже травянистых растений. Наконец, самый опасный период в жизни деревьев — это переход от фазы проростка к фазе ювенильного дерева. В этот период размеры деревьев примерно такие же, как у травянистых растений, однако все точки роста надземные и их очень мало, в то время как у травянистых растений имеются подземные запасные почки. При поедании животными или при случайном повреждении дерево не может расти дальше и не выдерживает затенения под пологом трав; последние же легко отрастают в подобных случаях новые побеги.

Из сказанного следует, что деревья на своей верхней границе распространения должны мельчать, принимать стланиковую форму или (если не могут становиться стлаником) сохраняться лишь в наиболее благоприятных местах, защищенных от ветров, более теплых, с более быстро тающим снежным покровом и т. п. Кроме того, на естественной верхней границе теоретически должно происходить возобновление древесных пород, более успешное ниже этой границы и (относительно) неуспешное выше нее: этот процесс и создает динамичную, но в среднем устойчивую разграничительную полосу между лесным и нелесным ландшафтом. Однако наблюдения в природе и анализ спутниковых изображений показывают другое.

Неожиданно обычным явлением оказываются резкие границы между лесом и субальпийскими лугами на высоте примерно от 1 500 до 2 000 м. Было бы вполне объяснимо,

© В. Скворцов, Н. Попова



Фрагменты лесной растительности на крутосклонах в субальпийском поясе

если эти границы совпадали бы с водоразделами, перегибами склонов, сменой их экспозиции и т. п. Понятны были бы и случаи, когда эти границы совпадали бы с границами ущелий, внутри которых лес растет, а снаружи отсутствует. Однако мы имеем в виду случаи, когда резкие границы возникают на плавном градиенте условий, притом на разных высотах в пределах одной и той же местности.

Другим обычным случаем является наличие массивов с резкими границами, выше которых растут на значительных пространствах одиночные деревья или небольшие их группы (см. рис. 5). Если бы эти рассеянные древостои представляли собой описанное выше возобновление, все было бы в согласии с теорией. Однако на самом деле они образованы крупными взрослыми деревьями высокой жизнеспособности, обычно пихтовыми или букowymi. В Кавказском заповеднике в таких условиях мы встречали даже гигантские деревья обоих видов, с очень толстыми стволами, достигавшими примерно 40 м в высоту. При этом окружающие пространства заняты субальпийским высокотравьем, среди которого возобновление деревьев отсутствует совершенно.

Весьма распространена такая ситуация как раз по краям высокогорных каньонов и ущелий. Действительно, лес сосредоточен внутри ущелий и образует резкую границу вдоль их краев. Однако поодаль от ущелий опять появляются рассеянные деревья, и, как и в предыдущем случае, они взрослые и крупные, в то время как возобновления не наблюдаются. В обоих случаях мы не встречали и букowego стланика, крупные же буки присутствовали.

Привлекает интерес и наличие значительных площадей, занятых субальпийскими травяными сообществами или криволесьем (кленовым, березовым, рябиновым) внутри сомкнутых лесных массивов на высотах, явно не достигающих верхней границы леса. Эти открытые пространства почти не имели тенденции к зарастанию лесом, окружавшим их. Вместе с тем такие же криволесья, букowe стланики и родореты встречаются и на высоте 2 500 м и выше уже при полном отсутствии крупных деревьев.

Наконец, в целом ряде случаев верхняя граница высокоствольных сомкнутых лесов вплотную подступает к высокогорным участкам, занятым нетающими ледниками. Поскольку климатические условия вблизи постоянных ледников должны быть крайне неблагоприятными для произрастания крупных деревьев, следовало бы ожидать наличия между лесом и ледником значительных пространств, занятых альпийскими или субальпийскими лугами, однако космическая съемка демонстрирует, что сомкнутый лес достигает непосредственно тех мест, где ледник стаивает хотя бы на 1-2 летних месяца. Иначе говоря, верхняя граница леса даже на высоте 2 500 м и выше может определяться не суро-



востью климата, а физическими препятствиями — льдом и фирном. Интересно, что подобные случаи часто наблюдаются именно в местах, где регулярная хозяйственная деятельность практически невозможна.

Рис. 7 демонстрирует верхние пределы распространения леса в тех местах, где возможность хозяйственной деятельности практически исключается. Верхняя точка хребта (г. Эрцахо) имеет высоту 3 900 м. Вертикальный сброс в нетающей области ледника достигает высоты 600 м. Ледник спускается (в центре изображения) до 2 400 м, а лес поднимается (там же) до 2 200 м. Во время съемки (лето) между верхним пределом леса и нижним краем раставшей части ледника остается только 200 м по вертикали и около 800 м по горизонтали. Это значит, что в остальное время лес фактически доходит до края ледника, который отступает вверх лишь на 1–2 летних месяца. Дальнейшее распространение деревьев вверх невозможно физически из-за слишком продолжительного лежания снега, не позволяющего молодым деревьям набрать критически необходимую для выживания биомассу. Кроме того, вероятно, ростки постоянно подвергаются напору воды с тающих ледников. Важно при этом, что на пределе распространения лес существует почти при постоянном воздействии холодного воздуха, опускающегося с нетающей части ледника, однако до самого края деревья сохраняют нормальную высоту (по съемке высокого разрешения). В приведенном примере предельная высота распространения леса значительно выше, чем во многих других местах, хотя территория относится к северному макросклону. Лес, очевидно, может проникать в этом регионе еще выше (см. рис. 4). Подобные факты заставляют предположить, что и в других (особенно в более благоприятных для леса) условиях верхняя граница лесного пояса определяется не столько климатическими условиями, сколько такими природными ограничениями, как ледники, высокие вертикальные стены (сбросы) или периодически повторяющиеся катастрофические нарушения (лавины, сели и др.). Однако при отсутствии естественных препятствий наиболее вероятной причиной следует считать хозяйственную деятельность в прошлом и сейчас.

Взятые по отдельности, представленные факты могут вызывать недоумение, однако многое проясняется сравнением их с рис. 3 и 4, на которых видно, что резкие границы лесных массивов и разреженные древостои из взрослых деревьев могут возникать в результате рубок, свежие следы которых обнаруживаются и на высоте, превышающей 2 000 м. Собственно говоря, наличие крупных взрослых деревьев сугубо лесной экологии (а не саванной, в широком смысле дубов или сосен) на безлесных пространствах ничем нельзя объяснить, кроме как уничтожением существовавших тут ранее сомкнутых лесов. Отсутствие возобновления тех же пород только подкрепляет эту точку зрения.

Уничтожение лесов во многих высокогорных районах Кавказа совершенно необязательно связано с масштабными рубками индустриальной эпохи. Кавказские травяные сообщества, растущие выше границы леса, на протяжении многих столетий (а может дольше) использовались как пастбища. Расширение пастбищных территорий по мере повышения численности местного населения происходило, естественно, за счет лесов, а не альпийских низкотравных лугов, потому что последние явно менее продуктивны и неудобны для выпаса из-за близости к снегам и очень неустойчивой погоды. Вырубка лесов могла происходить очень постепенно, но шла длительное время и эффект от нее был в конечном счете очень велик. Самое главное, что отнятые у лесов площади постоянно поддерживались выпасом, который исключал повторное их появление. Высокоплотные травяные сообщества, сформировавшиеся при постоянном влиянии выпаса, стали и сами по себе устойчивы к появлению

деревьев, так как проростки древесных пород не выживают в густом травяном покрове, а вегетативное размножение подземными или полуподземными частями у крупных деревьев, формирующих верхнюю часть лесного пояса (бук, ель, пихта), отсутствует.

Антропогенную (пасторальную) обусловленность верхней границы лесов на Западном Кавказе можно наглядно проследить и вне России. Работая в Грузии на высоте 2 500 м (окрестности оз. Мадатапа и пос. Нинацминда недалеко от границы с Арменией), мы наблюдали травяные ландшафты большой протяженности, совершенно лишенные древесной растительности. Однако при ближайшем рассмотрении эти травяные ландшафты оказывались лишенными и субальпийского высокотравья. Последнее появлялось на тех же высотах только в пределах местных памятников природы, где не допускался перевыпас. На остальной же территории пастбищная нагрузка была исключительно высока из-за очень высокой плотности домашних овец, которые не оставляли после себя даже высокотравья. Между тем в соседних ландшафтах, где не было выпаса, при неизменной высоте над уровнем моря регулярно встречаются лесные массивы различной площади, а также древесный подрост. Таким образом, климатические ограничения на распространение лесов в этом регионе в пределах высот 2 400–2 700 м еще никак не влияют, однако интенсивный выпас уничтожает леса практически всюду.

Описанное выше влияние выпаса на взаимоотношения между лесной и травянистой растительностью проявляется на СЗК в верхней части и более низких хребтов, например в виде инверсии растительности на хр. Маркотх в районе Новороссийска и Геленджика, где в нижней части склонов растет лес, а в верхней представлена степь, хотя теоретически должно быть наоборот. И здесь мы опять видим резкую верхнюю границу леса, выше которой растут лишь единичные деревья. Среди них наиболее заметны древовидные можжевельники, однако встречаются также дубы, ясени, грабы. Эти деревья совершенно взрослые, часто крупные, но никакого лесного подростка между ними и краем леса не наблюдается. Травяной покров этих нагорных степей низкий и напоминает газон, что сразу указывает на интенсивный выпас овец. Таким образом, никакой природной «инверсии» здесь нет. Хр. Маркотх на всех высотах равным образом пригоден климатически и для леса, и для степных сообществ, однако выпас сосредоточен только в верхней его части, где отсутствует постоянная инфраструктура, поэтому степной характер растительность имеет именно там. Если выпас был бы сосредоточен у подножий гор, никакой инверсии не возникло бы.

© В. Скворцов, Н. Попова



Хвойно-широколиственный лес у верхней границы лесного пояса



© В. Скворцов, Н. Рогова



Язык леса, заходящий в субальпийский пояс по речной долине

Кавказ совершенно уникален в отношении характера верхней границы леса; такие же процессы известны в любых других горных системах умеренного и субтропического климата. Могут различаться лишь ведущие антропогенные факторы, уничтожающие лес. Так, в Сибири и на Дальнем Востоке намного важнее рубка леса ради древесины (а не расширения пастбищ), однако еще более мощным деструктивным фактором являются пожары.

На Сихотэ-Алине, в Кузнецком Алатау, на Алтае, в Саянах и других хорошо известных горных ландшафтах отчетливо прослеживается на местности современное расширение площадей субальпийских высокогорных лугов за счет недавно сгоревших лесов. Даже на давно существующих горных лугах хорошо заметны пни или полусгнившие стволы от существовавших здесь когда-то деревьев. При этом выше регулярной границы леса опять встречаются единичные живые взрослые деревья нормальных размеров или даже очень крупные при отсутствии возобновления тех же видов. При полном сходстве с Кавказом здесь дополнительно можно проследить былые границы распространения леса по древесным остаткам, которые однозначно доказывают наличие нормального леса в прошлом там, где сейчас встречаются лишь единичные деревья.

В поддержании высокогорных травянистых экосистем Азии выпас играет то значительную роль, то исчезающе малую, но в любом случае пожары, особенно низовые, повторяются достаточно регулярно для того, чтобы воспрепятствовать возвращению лесов на их прежние места произрастания. Этому способствует и более континентальный климат азиатских горных систем. Высокоотравье в них, однако, ничуть не уступает кавказскому по плотности и высоте, достигая 2–3 м и выше, и точно так же успешно препятствует семенному возобновлению лесообразующих пород.

Попытки оценить тенденции изменения высоты верхней границы лесов на Кавказе в связи с возможными глобальными климатическими тенденциями никаких отчетливых результатов не дали (см. раздел «Введение»), и это, на наш взгляд, тоже отражает искусственность обсуждаемой границы. Антропогенные факторы действуют быстрее и глубже постепенно накапливающихся климатических изменений, поэтому, даже если последние в настоящее время действительно происходят по всей Земле, их влияние не успевают за антропогенным. Скорее всего, современная верхняя граница лесов в умеренном и субтропическом климате находится настолько ниже климатически обусловленной линии, что повышение средней температуры ничего не добавляет к биологической возможности деревьев распространяться выше. Однако это возможно только при условии снятия антропогенного пресса, роль которого в этом вопросе пока совершенно не учтена.

Итак, перечисленные факты свидетельствуют в пользу того, что большая часть субальпийского высокогорного

пояса — не только на Кавказе, но и в других горных системах — своим широким распространением обязана уничтожению лесов. Травянистые растения, формирующие эти луга, встречаются повсюду и в лесном поясе, где растут по окнам распада древостоя, опушкам, полянам и другим открытым местам. Когда лесной полог исчезает или сильно изреживается, высокоотравье начинает разрастаться и захватывать все большее пространство, препятствуя лесовосстановлению. Видовой состав растений субальпийских высокогорий мало специфичен сам по себе, отличаясь от флоры лесных полей и опушек в основном лишь количественными соотношениями, однако внешний облик субальпийских лугов настолько своеобразен, что на сходство их флоры с лесной редко обращают должное внимание.

При этом необходимо проводить различие между субальпийской растительностью и собственно альпийской (гольцовой, горно-тундровой). Последняя, наоборот, составлена видами, не встречающимися в лесах, и, следовательно, их распространение напрямую от состояния лесов не зависит.

Все сказанное выше не уменьшает значимости субальпийских высокоотравно-лесных экотонов в том виде, в каком они существуют сейчас. Очень вероятно, что в современности они располагаются значительно ниже тех пределов, которые обусловлены климатом и экологией деревьев. Однако их роль в поддержании биоразнообразия и средоохранительных функций от этого не уменьшаются. Минимально необходимой задачей сейчас является сохранение существующего высотного уровня распространения лесов. Однако восстановление исторического статус-кво способствовало бы оптимизации экологии высокогорий в значительно большей мере, чем усилия, прикладываемые ныне для борьбы с глобальным потеплением.



ЛИТЕРАТУРА

1. Акатов П. В. Изменение верхней границы распространения широколиственных пород деревьев в Кавказском заповеднике за последние 30 лет // Труды Кавказского государственного природного биосферного заповедника. Вып. 18. Майкоп, 2008. С. 116–128.
2. 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.
3. Акатов В. В., Акатов П. В., Майоров С. В. Тенденции изменения высотного ареала пихты Нордмана на Западном Кавказе (бассейн р. Белая) в связи с проблемой потепления климата // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 2. С. 104–114.
4. Бебия С. М. Пихтовые леса Кавказа. М., 2002. 270 с.
5. Битюков Н. А. Экология горных лесов Причерноморья. Сочи, 2007. 292 с.
6. Голгофская К. Ю. Растительность полосы верхнего предела леса в Кавказском заповеднике. Краснодар, 1967. 283 с.
7. Гроссгейм А. А. Растительный покров Кавказа. М., 1948. 267 с.
8. Гулиашивили В. З. Природные зоны и естественноисторические области Кавказа. М., 1964. 327 с.
9. Ивонин В. М., Тертерян В. А., Водяной С. М. Эрозия почв на вырубках горных склонов. Р. н/д., 2001. 152 с.
10. Коваль И. П., Битюков Н. А. Экологические функции горных лесов Северного Кавказа. М., 2000. 480 с.
11. Комарова А. Ф. Разнообразие темнохвойных лесов Северо-Западного Кавказа и закономерности их пространственного распределения. М., 2017. 174 с.
12. Придня М. В. Леса субальпийского пояса / Растительные ресурсы. Ч. 1. Леса. Р. н/д., 1980. С. 225–238.
13. Придня М. В. Преобразование популяций кавказской пихты и динамика лесных биогеоценозов на Западном Кавказе // Труды Кавказского государственного заповедника. Вып. XIV. Майкоп, 1990. С. 45–55.
14. Сафаров И. С. Леса Кавказа. Владикавказ, 1991. 271 с.
15. Скворцов В. Э. Типология лесов высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ) на Северо-Западном Кавказе (Краснодарский край, Республика Адыгея) // Устойчивое лесопользование. 2020. № 2 (61). С. 5–15.
16. Скворцов В. Э., Рогова Н. В. Выделение колхидских лесов на российском Западном Кавказе на основе полевых данных и анализа спутниковых снимков // Устойчивое лесопользование. 2020. № 2 (61). С. 16–27.
17. Скворцов В. Э., Рогова Н. В. Выделение смешанных лесов с участием хвойных пород на Северо-Западном Кавказе на основе полевых данных и анализа спутниковых снимков // Устойчивое лесопользование. 2020. № 2 (61). С. 28–38.
18. Хуторцов И. И. О почвозащитных свойствах буковых и пихтовых лесов Северо-Западного Кавказа // Труды Кавказского заповедника. Вып. VIII. Майкоп, 1965. С. 33–48.
19. Ярошенко П. Д. О сменах растительности в лесной области Закавказья // Известия Армянского филиала АН СССР. 1942. № 7 (21). С. 31–46.