

Экологические функции современного растительного покрова Станового нагорья*

Г. Н. Огуреева, М. В. Бочарников

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, 1

Для цитирования: Огуреева, Г. Н., Бочарников, М. В. (2020). Экологические функции современного растительного покрова Станового нагорья. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 65 (2), 377–394. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.209>

Проведена интегральная оценка современного растительного покрова Станового нагорья на основе выделения приоритетных экологических функций растительных сообществ на модельных участках горной системы (в Верхнеангарской котловине и на Северо-Муйском хребте). Выявление типологического разнообразия растительности, экотопической приуроченности сообществ, проведенное на основе полевых данных и материалов космической съемки, позволили составить карты растительности модельных участков, обосновав выделение пяти приоритетных экологических функций (мерзлотностабилизирующая, противозрозионная, противолавинная, водосборная, водорегулирующая) для растительных сообществ разных высотных поясов (горнотаежный, подгольцовый, горнотундровый). На основе изменения лесопокрытой площади за период с 2000 по 2018 гг. дан анализ современного состояния растительности и определены тренды в смене выполняемых сообществами функций. Эколого-географический подход к определению разнообразия функций растительных сообществ Станового нагорья послужил базовым при выявлении специфики ботанического разнообразия горной территории в соответствии с высотно-поясными и региональными закономерностями и оценке выполняемых сообществами экологических функций. Горнотаежный пояс сложен сообществами, преимущественно лиственных лесов, которые выполняют широкий спектр приоритетных экологических функций в зависимости от экотопической приуроченности. В подгольцовом поясе в условиях преобладания резко расчлененного рельефа редколесные и кедровостланиковые сообщества осуществляют средозащитные функции. Для горнотундрового пояса характерна водосборная роль сообществ высокогорных тундр в верхних частях хребтов. Составленные фитоэкологические карты растительности позволили раскрыть пространственную структуру горного биома на примере модельных участков с учетом современной динамики растительного покрова Станового нагорья, связанной с рубками и пожарами. Аprobация картографического метода в исследовании определяет перспективы его ис-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-77-10142).

За помощь в организации и проведении полевых исследований авторы выражают глубокую благодарность: А. Г. Чурюлиной, аспирантке, и А. А. Виноградову, студенту кафедры биогеографии географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова; Л. Н. Изюмовой, главе администрации муниципального образования городское поселение «Янчукан» Республики Бурятия; С. Ю. Шутову, главе муниципального образования сельское поселение «Ангоянское» Республики Бурятия; сотрудникам государственного учреждения Республики Бурятия «Ангоянский лесхоз».

пользования при составлении экологических карт с оценкой функций растительных сообществ горных экосистем.

Ключевые слова: экологический потенциал, ценоотическое разнообразие, дистанционное зондирование, высотная поясность, Забайкалье.

1. Введение

Формирование и развитие растительного покрова горных территорий происходит в соответствии с интегральным проявлением зонального и высотного градиентов. Основные закономерности формирования растительности выражаются в ее высотно-поясных спектрах (типах поясности) с определенным уровнем биоразнообразия каждого пояса и спектра в целом в конкретных условиях региона. Опорными единицами оценки разнообразия биоты в горах могут быть оробиомы регионального уровня, позволяющие выявлять эколого-географическую специфику горных экосистем и растительного покрова как их базового компонента (Огуреева и Бочарников, 2017). Самобытность оробиомов раскрывается через ряд важнейших характеристик в структуре флористического и ценоотического разнообразия, в пространственной организации биоты и природном потенциале территории, отражающим тенденции в динамике растительного покрова под влиянием природных и антропогенных процессов. В каждом оробиоме растительный покров выполняет определенные экосистемные и природозащитные, социальные и прочие экологические функции (Лавренко, 1977). Растительные сообщества, отражая экологический потенциал горной территории, являются, как правило, многофункциональными. При этом для каждого сообщества необходимо определить приоритетные экологические функции, необходимые, с одной стороны, для оптимального развития экосистем в соответствии с преобладающими процессами и региональными особенностями территории, и с другой — определяющие возможности управления происходящими процессами и хозяйственного использования биотических ресурсов экосистем (Belov and Sokolova, 2014). Экологические функции определяют ту роль, которую сообщества играют в формировании современного растительного покрова и воспроизводстве компонентов горных экосистем. Выявление экологических функций растительных сообществ основано на разработанной методологической базе, в которой обоснованы принципы их определения с учетом сохранения экологического потенциала территории в связи с их ландшафтной и ресурсной значимостью. Экологическая значимость той или иной функции может быть определена путем экспертной оценки (Drobnik et al., 2018). Оценочное биоэкологическое картографирование является эффективным методом выявления ценоотического разнообразия и оценки экологических функций растительности. В отечественном картографировании накоплен опыт создания карт функций растительности, выполненных в мелком (Лавренко, 1977; Волкова и Федорова, 1993) и среднем (Белов и др., 2002; Королькова, 2013) масштабах. Оценочные карты функций растительных сообществ составляются на основе инвентаризационных карт растительности и позволяют проводить разносторонний анализ их пространственной структуры в связи с комплексом факторов и преобладающих процессов. Для растительного покрова характерна многофункциональность сообществ, потому важно определить их приоритетные функции, в каждом случае исходя из особенностей

и статуса самого сообщества, его положения и занимаемых местообитаний, роли в растительном покрове региона. Среди методологических подходов к выделению приоритетных функций растительных сообществ в качестве таковых рассматриваются: состояние сообществ (сохранность, полночленность) и их статус (редкое, фоновое, реликтовое), который характеризует роль в сложении биоразнообразия и продуктивности, ландшафтное положение (в зональных условиях, в эдафических оптимумах, в экотопических условиях, которые в горах могут быть оценены через морфометрические показатели рельефа), его значимость для биосферных, ресурсных или биостационарных целей (запасы биомассы, продуктивность, природоохранное значение и пр.) (Волкова и Федорова, 2011; Елсаков и Марущак, 2011; Рыжкова и др., 2014).

Разнообразие функций растительных сообществ тесно связано с их современным состоянием, оценка которого определяется как природными (биоклиматическими, орографическими, ландшафтными) предпосылками формирования, так и влиянием преобладающих антропогенных факторов в регионе. Для оценки различных аспектов состояния растительности горных экосистем важными являются показатели степени нарушенности растительных сообществ, устойчивости их по отношению к пирогенному фактору, поражению вредными насекомыми и болезнями, действию стихийных явлений (ветровалов, ледяных дождей и пр.), хозяйственному использованию, что выражается в развитии сукцессионных процессов и проявлении разных стадий в сукцессионных рядах. Для изучения и анализа состояния сообществ, их современного статуса широко используется картографический метод исследования (Белов и Соколова, 2013; Чередникова и Краснощеков, 2016). Для анализа привлекаются материалы космической съемки как источник ценной информации при разномасштабном инвентаризационном и оценочном картографировании растительности с использованием широкого спектра методов (Кравцова и Лошкарева, 2010; Hansen et al., 2013; Данилова и др., 2017). Использование эколого-динамического подхода к интерпретации разнообразия, структуры растительного покрова позволяет более точно проводить оценку современного состояния растительных сообществ и определять их приоритетные экологические функции в регионе.

В настоящей работе акцент сделан на оценку современного состояния растительности как базового компонента горных экосистем и определение приоритетных экологических функций основных растительных сообществ, находящихся в относительно малонаселенных районах Станового нагорья, тем не менее испытывающих определенные воздействия со стороны человека, интенсивность которых постоянно возрастает. Целью исследования является выявление ботанического разнообразия оробиома, определение функций современных растительных сообществ, исходя из их эколого-динамического состояния и определение основных тенденций в изменении их функциональной значимости в условиях развития региона. В задачи работы входило выявление типологического разнообразия растительности; определение приоритетных функций растительных сообществ на основе их экотопической приуроченности в условиях горной территории; выявление тенденций в изменении функциональной роли сообществ за последние десятилетия под влиянием природных и антропогенных факторов. Вся работа проводится на основе картографического материала с созданием серии карт актуальной растительности и анализа ее динамики.

2. Объект, материал и методы

Растительный покров Станового нагорья входит в состав Северобайкальского географического варианта Северовосточно-Забайкальского оробиома (Огуреева и др., 2018). Ботаническое разнообразие оробиома в целом связано с развитием растительного покрова Байкало-Джугджурской природной области. Его пространственная структура определяется высотно-поясными закономерностями распространения и представлена спектром высотных поясов: горнотаежный пояс (500–900 м) лиственничных (*Larix gmelinii*) и сосново-лиственничных (*Pinus sylvestris*) лесов, подгольцовый пояс (900–1300 м) березовых (*Betula lanata*), лиственничных редколесий и сообществ кедрового стланика (*Pinus pumila*), горнотундровый (1300–1900 м) и гольцовый (1900–3000 м) пояса, которые характерны для оробиома в целом (Огуреева и др., 2018; Vocharnikov et al., 2018).

Наибольшее ботаническое разнообразие выявлено для Северобайкальского географического варианта, развивающегося в западной части оробиома. На хребтах, достигающих 2000–2500 м над уровнем моря, формируется полночленный спектр поясов растительности. Широкое распространение получают сосновые леса (450–700 м), приуроченные к Верхнеангарской и Муйско-Куандинской котловинам. В низкогорьях Верхнеангарского, Южно-Муйского хребтов на световых, крутых и каменистых склонах фрагментарно выражена лесостепь, определяющая специфику варианта. Дерновиннозлаковые степи имеют здесь реликтовый характер и относятся к южносибирскому комплексу ковыльных (*Stipa krylovii*, *S. capillata*), тонконоговых (*Koeleria cristata*), овсецовых (*Helictotrichon schellianum*) степей, произрастающая в сочетании с лиственничными, сосновыми и производными от них мелколиственными (*Betula platyphylla*) лесами. Высокогорная растительность также отличается повышенным разнообразием за счет участия альпинотипных сообществ. За счет влияния Байкала Северобайкальский вариант оробиома имеет наибольшее флористическое богатство и является своеобразным центром видообразования (Мальшев и Пешкова, 1984).

Два модельных участка (каждый площадью около 600 км²) расположены в западной части Верхнеангарской котловины с прилегающими к ней склонами Верхнеангарского хребта и на Северо-Муйском хребте в его горнотаежном и подгольцовом поясах (см. рисунок). Выбор участков определен возможностью проведения сравнительно-географического анализа структуры растительного покрова в разных орографических условиях (разных типах морфоструктур), что определяет различия экосистемного разнообразия и функций растительных сообществ. На каждом участке проведено картографирование растительности с использованием комплекса полевых и дистанционных методов.

Полевые данные в исследовании представлены 24 полными геоботаническими описаниями и рядом маршрутных описаний, выполненными авторами по стандартной методике с учетом разнообразия растительных сообществ разных высотных уровней горной системы. Фитоценологические данные и характеристики местобитаний, отмеченные в описаниях, внесены в базу данных Turboveg 2.31 и отнесены к типологическим единицам на основе географо-генетического подхода (Сохава, 1980).

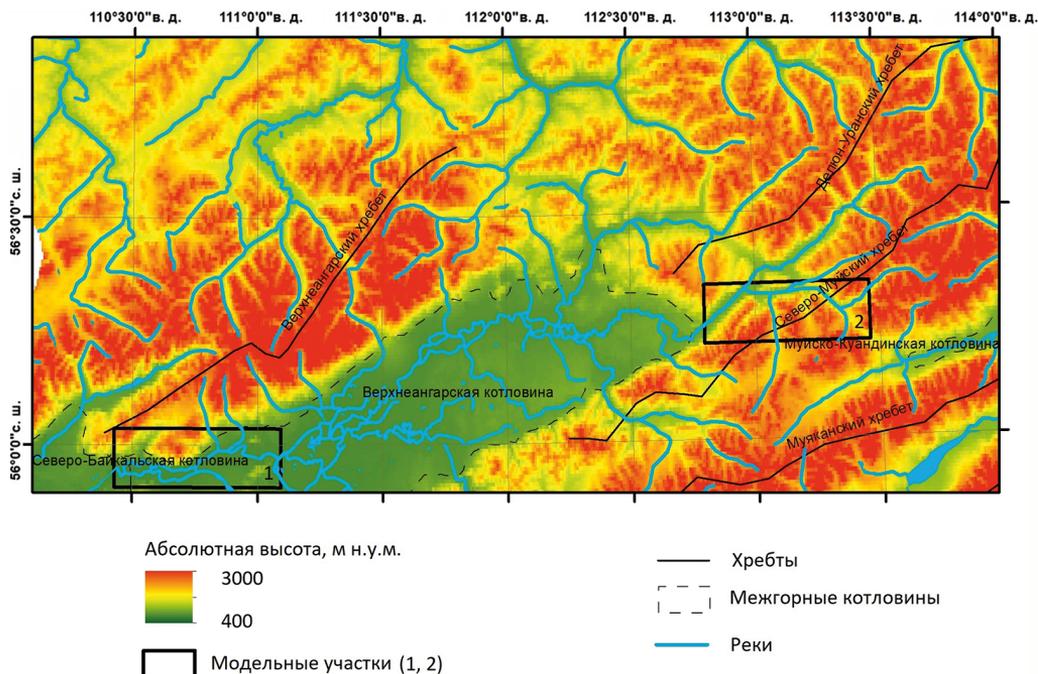


Рисунок. Районы исследований. Карта составлена авторами на основе цифровой модели рельефа исследуемой территории.

Данные дистанционного зондирования Земли послужили источником пространственно-временной оценки как типологического разнообразия растительности, так свойств и характеристик абиотического компонента экосистем. Основой для оценки разнообразия и структуры растительности явилась карта растительного покрова России (Барталев и др., 2011). Она составлена на основе обработки космических снимков MODIS, пространственное разрешение которых (230 м) послужило базовым при проведении среднемасштабного (М. 1:300 000) картографирования растительности и ее функций, выполненном с учетом данных полевых исследований. Дополнительными материалами при картографировании послужили многозональные космические снимки Landsat-8, малооблачные сцены с датами съемки 16.08.2016 (первый участок) и 07.08.2015 (второй участок).

Функции растительных сообществ исследуемой территории выявлены на основе принципов выделения главных функций растительности Байкало-Амурской магистрали, нашедших картографическое отображение (Лавренко, 1977). Разнообразии функций тесно связано с экопическим разнообразием территории и может быть оценено с помощью цифровых моделей рельефа, которые характеризуют перераспределение условий, прежде всего тепла и влаги, по горным склонам. Оценка орографической структуры проведена на основе цифровой модели рельефа Aster GDEM (пространственное разрешение 30"), представленной слоями абсолютных высот, экспозиции и крутизны склонов. Она послужила основой для определения высотных пределов распространения растительных сообществ, а также степени выраженности эрозионных и гравитационных процессов в связи с углом накло-

на горных склонов, что важно при выделении противолавинной и противоэрозионной (противоденудационной) функций растительных сообществ. Глобальная климатическая модель Bioclim (Hijmans et al., 2005) использована при выделении областей с маломощным снежным покровом, в условиях чего возрастает мерзлостабилизирующая роль растительности. Для оценки данной роли взяты слои среднего многолетнего количества осадков зимнего периода и расчетного индекса континентальности климата (Ic), полученного на основе разности средних многолетних температур июля и января (Rivas-Martinez et al., 2004). Все растровые слои при анализе приведены к единому пространственному разрешению (230 м).

Региональные особенности Станового нагорья обусловили выделение пяти приоритетных экологических функций растительных сообществ, определяющих устойчивость горных экосистем Северного Забайкалья. *Мерзлостабилизирующая функция* проявляется в сохранении постоянного уровня многолетней мерзлоты; особенно важно учитывать это в условиях ее неглубокого залегания. При выявлении растительных сообществ, для которых данная функция является приоритетной, использованы климатические слои зимних осадков и индекса континентальности климата. *Противоэрозионная функция* (противоденудационная) проявляется во всех поясах через снижение интенсивности эрозионных процессов на относительно пологих склонах и обвально-осыпных — на крутых. Приоритетную роль она играет в лесных, редколесных и стланиковых сообществах горнотаежного и подгольцового поясов на крутых и относительно пологих склонах. Для определения степени проявления функции использован слой абсолютных высот и крутизны склонов цифровой модели рельефа. *Противолавинная функция* проявляется в высокогорьях в связи с высокой активностью экзодинамических процессов. Приоритетной функцией является для сообществ кедрового стланика, редколесий и криволесий из березы ребристой, высокогорной растительности, развивающейся на крутых склонах при наличии снежного покрова. Для определения приоритетной роли функции у сообществ использованы климатические слои зимних осадков и слой крутизны склонов. *Водосборная функция* проявляется в высокогорных сообществах, аккумулирующих влагу, на приводораздельных поверхностях хребтов в соответствии с абсолютными высотами. *Водорегулирующая функция* (водоохранная) проявляется в долинных комплексах и характерна для сообществ пойм в разных высотных поясах. Функция приоритетна для сообществ, формирующих гетерогенные структуры растительного покрова, которые развиты в поймах, и выражена на слабонаклонных поверхностях речных долин.

Современное состояние растительного покрова отражает тенденции в развитии растительных сообществ, связанные с их динамикой под влиянием природных и антропогенных процессов. Сведение условно коренных растительных сообществ и их смены на производные варианты в составе восстановительных серий влечет за собой утрату либо смену приоритетных функций. В связи с этим оценка современного состояния экосистем позволяет выявить тенденции в изменении их функциональной значимости. В данной работе проанализированы динамика лесов через сокращение и увеличение лесопокрытой площади, оцененные по данным анализа разновременной космической съемки Landsat за период с 2000 по 2017 гг., и изменения приоритетных экологических функций лесов в современном растительном покрове горного биома.

Операции с растровыми и векторными данными цифровой климатической модели, картографическими материалами проведены с помощью программ ArcGis (v. 10.0) (инструменты приложения ArcToolbox) и SAGA GIS (v. 2.1.4). Статистический анализ выполнен с помощью тематических инструментов приложения ArcCatalog.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Современное фитоценоотическое разнообразие Станового нагорья и выделение приоритетных функций растительных сообществ

Первый модельный участок расположен в долине р. Верхней Ангары в ее среднем течении (западная часть Верхнеангарской котловины). Здесь ширина котловины достигает 5–10 км между подножием окаймляющих ее с севера и юга хребтов. Разнообразие и пространственная структура растительного покрова отражает закономерности высотно-поясного спектра Северного Забайкалья и региональную специфику котловины, что нашло отражение на геоботанических картах (Vladimirov et al., 2014; Софронов, 2015). В нижней части речной долины хорошо выражены поймы и террасы, на пологих поверхностях которых на высотах 450–550 м в условиях повышенного увлажнения формируются долинные эколого-динамические ряды растительных сообществ, связанные с разными уровнями поймы и террасы реки на обширной поверхности котловины, на которую приходится около половины от общей площади модельного участка (см. таблицу и прил. 6.1¹). Более дренированные местообитания на поверхностях террас и высоких пойм заняты мезогигрофитными разнотравно-полевицевыми (*Agrostis clavata*, *Sanguisorba officinalis*, *Gentiana triflora*, *Ranunculus repens*) и вейниковыми (*Calamagrostis langsdorffii*, *C. epigeios*) лугами. На средних поймах формируются гигрофитные хвощево-разнотравно-осоковые (*Carex canescens*, *C. pseudocuraica*, *Ligularia sibirica*, *Filipendula ulmaria*, *Equisetum sylvaticum*, *E. fluviatile*) луга, чередующиеся с березовыми (*Betula platyphylla*), осиновыми (*Populus tremula*), тополевыми (*Populus suaveolens*) и ольховыми (*Alnus hirsuta*) лесами. В условиях застойного увлажнения развиты осоковые (*Carex vesicata*) луга. Притоки Верхней Ангары имеют V-образные поперечные профили долин и слабо выраженные поймы, растительность которых представлена еловыми (*Picea obovata*) с тополем и кедром (*Pinus sibirica*) сообществами, узкими полосами протягивающимися вдоль русел рек.

Все растительные сообщества долинного комплекса осоковых и вейниковых переувлажненных лугов и мелколиственных лесов, лиственничных и березово-лиственничных лесов и редколесий речных террас в качестве приоритетной выполняют водорегулирующую функцию (см. таблицу).

Горнотаежный пояс (500–1000 м) в пределах модельного участка представлен темнохвойными и светлохвойными лесами, занимающими низкогорья и среднегорья окружающих котловину хребтов. Важной региональной особенностью ти-

¹ Здесь и далее приложения 6.1–6.4 можно найти по электронному адресу: <https://escjournal.spbu.ru/article/view/5221/5438>. Приложения даны в авторской редакции.

пологического разнообразия модельного участка выступают сообщества южносибирского комплекса, представленные темнохвойными пихтовыми (*Abies sibirica*), кедровыми лесами, их производными березовыми вариантами, часто с примесью лиственницы (*Larix gmelinii*) и сосны (*Pinus sylvestris*). Преобладают можжевельниковые (*Juniperus sibirica*), кедровостланиковые (*Pinus pumila*) кустарничково-зеленомошные (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Ledum palustre*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*) насаждения, занимающие нижние части относительно пологих склонов хребтов. На почвах легкого механического состава на склонах световых экспозиций и на подгорных поверхностях распространены сосновые рододендроновые (*Rhododendron dauricum*) бруснично-лишайниково-зеленомошные (*Vaccinium vitis-idaea*) леса. Ангаридская фратрия формаций, фоновая для растительности горнотаежного пояса Северного Забайкалья, представлена сообществами лиственничных лесов, которым свойственно относительно небольшое разнообразие (Панарин и др., 1980). Преобладают лиственничные и березово-лиственничные кустарниковые багульниковые и брусничные зеленомошные леса, занимающие около 20 % площади модельного участка. На подгорных поверхностях, речных террасах на мерзлотных почвах распространены ериковые (*Betula divaricata*, *B. exilis*), хвощево-голубично-багульниковые (*Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Equisetum sylvaticum*) лиственничные и производные березовые кустарничково-зеленомошные леса.

На крутых склонах хребтов горнотаежные сообщества выполняют противоденудационную функцию. Лиственничные леса и их производные кустарничково-зеленомошные насаждения в условиях резко континентального климата с маломощным снежным покровом на поверхности дна котловины способствуют поддержанию постоянного уровня многолетней мерзлоты, выполняя мерзлотно-стабилизирующую функцию. Эрозионная деятельность возможна при выраженном почвенном профиле, и ее интенсивность определяется спецификой сообществ соответствующих экотопов. Существенно снижают развитие эрозионных процессов леса, причем лиственничные — в большей степени по сравнению с сосновыми (Хуторцев, 1972). Кустарниковые и луговые сообщества выполняют противоэрозионную функцию на склонах с крутизной от 5°.

Подгольцовый пояс на высотах 900–1200 м, занимающий небольшую территорию (около 4 % площади модельного участка), характеризуется преобладанием зарослей кедрового стланика. Приоритет функций, выполняемых сообществами кедрового стланика, связан с экотопической приуроченностью (см. таблицу). В условиях резко расчлененного рельефа преобладает противоэрозионная (противоденудационная) функция, при более интенсивном снегонакоплении на склонах — противолавинная.

Горнотундровый пояс (выше 1200 м) формируют кустарниковые и кустарничковые тундры с приоритетной ролью водосборной функции на водоразделах и приводораздельных склонах высокогорий, занимающих на модельном участке небольшую площадь (около 10 % от общей площади участка).

Второй модельный участок расположен в верховьях долины Верхней Ангары на Северо-Муйском хребте (прил. 6.2, 6.3). В условиях преобладания резко расчлененного среднегорного и высокогорного рельефа Северо-Муйского хребта наибольшего развития здесь достигает высокогорная растительность, формирующая

подгольцовый (800–1100 м) и горнотундровый (1100–1800 м) пояса, на которые приходится около 2/3 территории модельного участка.

Горнотундровый пояс сложен преимущественно сообществами кустарничковых (*Dryas punctata*, *Cassiope ericoides*, *Empetrum nigrum*) и мохово-лишайниковых тундр, сочетающихся с каменистыми россыпями, покрытыми накипными лишайниками, и, локально, фрагментами альпинотипных луговин.

Кедровостланиковые сообщества преобладают на высотах 1000–1200 м и являются фоновыми для подгольцового пояса. Характерны сомкнутые рододендрово-багульниковые (*Ledum decumbens*, *Rhododendron aureum*) зеленомошно-лишайниковые (*Cladonia stellaris*, *Pleurozium schreberi*) заросли на относительно пологих склонах и разреженные лишайниково-зеленомошные (*Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*) ценозы с бедным составом травяно-кустарничкового яруса (*Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea*) сообщества на крутых каменистых склонах. По каменистым россыпям кедровостланиковые сообщества активно проникают в пределы горнотаежного пояса до высоты 800–900 м. Менее дренированные местообитания в подгольцовом поясе занимают ерниковые заросли с *Betula divaricata* и *B. exilis*, в травяно-кустарничковом ярусе которых доминируют *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*. Редколесные и криволесные сообщества с *Betula lanata*, характерные для высокогорной растительности Северного Забайкалья (Пешкова, 1985), на модельном участке встречаются локально на каменистых склонах наряду с преобладающими зарослями кедрового стланика.

В каждом из высокогорных поясов преобладают сообщества, выполняющие противозэрозийную функцию (прил. 6.3). Приоритетное значение она имеет у кустарничковых, кустарничковых и травяных тундр, кедровостланиковых сообществ, приуроченных к крутым склонам. На водораздельных и приводораздельных поверхностях хребта растительность тундр приобретает ведущую водосборную функцию. На небольшой площади развиты горнотундровые и стланиковые сообщества, выполняющие противолавинную функцию в условиях сочетания крутых склонов и мест интенсивного снегонакопления.

Выделение у сообществ в качестве приоритетной противолавинной функции обусловлено спецификой проявления экзодинамических процессов в высокогорьях и среднегорьях. Установлено, что сход снежных лавин, напрямую связанный с крутизной склонов, происходит при сочетании крутых склонов (более 15°) и мощного снежного покрова (более 100 см) (Лавренко, 1977). В условиях таких местообитаний приоритетную противолавинную функцию будут выполнять сообщества, способные задерживать снег на горных склонах: редколесные и стланиковые сообщества, фоновую роль в которых играют виды древесной и кустарниковой жизненных форм, и, отчасти сообщества кустарничковых тундр. Оценка мощности снежного покрова для выделения функции проведена через количество осадков в зимний период, с чем коррелирует мощность снежного покрова. Утрата растительными сообществами противолавинной функции в результате их нарушений приведет не только к увеличению риска схода лавин, но и активизации гравитационных и денудационных процессов на горных склонах.

Горнотаежный пояс в верховьях Верхней Ангары получает развитие на высотах 800–1000 м, занимая в пределах модельного участка порядка 30 % площади. Фоновую роль здесь играют лиственничные леса формации *Larix gmelinii*, типичные для

хребтов Станового нагорья в целом. Для склонов разных экспозиций характерно произрастание лиственничных кустарниковых (*Pinus pumila*, *B. exilis*) кустарничково-багульниково-зеленомошных лесов, на верхней границе леса — редколесий с участием шерстистой березы (*Betula lanata*). В нижних частях речной долины на высотах менее 700 м встречаются березово-лиственничные хвощево-зеленомошные (*Equisetum sylvaticum*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*, *Polytrichum strictum*) леса. Сосновые леса на Северо-Муйском хребте имеют ограниченное распространение. Они связаны с нижними частями световых, наиболее теплообеспеченных склонов, занимая абсолютные высоты до 800 м. Местами они поднимаются до высоты 1000 м, где формируются бедные по видовому составу сосновые ольхово-кедровостланиковые (*Duschekia fruticosa*) брусничные леса. В поймах рек в пределах горнотаежного пояса формируются флористически наиболее богатые леса с участием темнохвойных пород (700–800 м). Характерны ивово-тополево-елово-пихтовые рябиновые (*Salix schwerinii*, *Sorbus sibirica*) высокотравные (*Cacalia hastata*, *Thalictrum minus*, *Senecio nemorensis*, *Aconitum rubicundum*) леса. Вблизи верхней границы леса по узким речным поймам и террасам распространены еловые с пихтой ерниковые (*Betula divaricata*) осоково-зеленомошные (*Carex globularis*) леса (800–900 м).

В условиях высокой крутизны склонов лиственничные с участием кедра леса выполняют противоэрозионную функцию, препятствуя развитию эрозионных процессов. Небольшую долю составляют сосновые леса, которые приурочены к нижним частям склонов хребта, выполняя мерзлотностабилизирующую функцию. По долинам р. Верхней Ангары и ее притоков с узким V-образным поперечным профилем долин ограниченное распространение имеют еловые и ивовые леса в горнотаежном поясе и березово-лиственнично-еловые леса в нижней части подгольцового пояса. Они выполняют важные мерзлотностабилизирующую и водорегулирующую функции.

Выделение приоритетных экологических функций растительных сообществ проведено в ходе оценки экотопических условий, обуславливающих типологическое разнообразие растительности, на основе анализа карты растительности и цифровых моделей климатических и орографических показателей, что нашло отражение на мелкомасштабных картах растительности и выполняемых функций сообществ, составленных на модельные участки (см. таблицу и прил. 6.1–6.3).

В целом растительность горнотундрового и гольцового поясов в условиях аккумуляции влаги сообществами выполняет водосборную функцию. Она связана с поддержанием гидрологического режима территории и является основной на водораздельных поверхностях хребтов. В наибольшей степени функция выражена в ерниковых и кустарничковых тундровых сообществах, развивающихся на относительно пологих склонах, в меньшей — на каменистых россыпях с разреженными группировками накипных лишайников.

В условиях почти повсеместного развития многолетнемерзлых грунтов на Становом нагорье сообщества разных высотных поясов выполняют мерзлотностабилизирующую функцию. Однако в связи с локальными различиями глубины промерзания и протаивания только у некоторых сообществ данная функция является приоритетной. В сосновых лесах, произрастающих на аккумулятивных четвертичных отложениях речных террас, которые из-за гранулометрического состава

грунтов слабо подвержены промерзанию (Осипов, 2015), она выражена в меньшей степени. Лиственничные редколесные и кустарниковые ерниковые сообщества на подгорных шлейфах хребтов, в котловинах приурочены к областям со значительным промерзанием, и их сведение приводит к активизации солифлюкционных и термокарстовых процессов (Кондратьева и Курнишкова, 1964). Условия, соответствующие наибольшему промерзанию, определены через индекс континентальности, значения которого выше 44, связанные с резко континентальным климатом (Rivas-Martinez et al., 2004), приняты за способствующие проявлению мерзлотно-стабилизирующей функции в качестве приоритетной.

Растительные сообщества, формирующие долинные эколого-динамические комплексы в поймах и на террасах р. Верхней Ангары и ее притоков, выполняют водорегулирующую функцию. Особая роль в гидрологическом режиме в речном бассейне отводится лесам, сведение которых приводит к снижению или полной утрате данной функции. В Верхнеангарской котловине они представлены березовыми, осиновыми и ивовыми сообществами, занимающими относительно небольшую площадь по сравнению с луговыми сообществами. В долинных комплексах Верхнеангарского и Северо-Муйского хребтов развиты преимущественно еловые леса с участием березы (*Betula platyphylla*) и тополя (*Populus suaveolens*), преобладающие в условиях относительно слабого развития пойм и террас горных рек. При этом приоритетная роль водорегулирующей функции отведена также сообществам, примыкающим к долинам в нижних частях коренных склонов хребтов.

3.2. Эколого-географический анализ современного состояния растительного покрова, разнообразия функций растительных сообществ и их изменений

Региональная специфика разнообразия выполняемых растительными сообществами функций обусловлена орографическим строением территории. Для Северо-восточно-Забайкальского оробиома характерен единый гольцово-подгольцово-горнотаежный тип поясности растительности, где пространственная дифференциация растительного покрова связана с разнообразием местообитаний в пределах орографических элементов (хребты, межгорные котловины) горной территории и их морфометрических показателей. Однако при сходстве выполняемых растительными сообществами приоритетных функций в пределах всего оробиома роль отдельных сообществ и выполняемых ими экологических функций будет меняться в пределах высотных поясов, что находит отражение в структуре растительного покрова модельных участков (см. таблицу и прил. 6.3). Развитие обширных поверхностей межгорных котловин как важная особенность Северного Забайкалья (Александрова и Преображенский, 1964) способствует развитию долинных комплексов в Верхнеангарской котловине. Разнообразии растительных сообществ на обширных пологих поверхностях пойм и террас представлено тополевыми, осиновыми, березово-пихтово-еловыми лесами, разнотравно-осоковыми, полевицевыми лугами, которые в качестве приоритетной выполняют водорегулирующую функцию. В условиях среднегорий и высокогорий Северо-Муйского хребта узкие речные долины обуславливают развитие небольших по площади пойменных, относитель-

Таблица. Распределение растительных сообществ, выполняющих разные экологические функции, по занимаемым площадям в Верхнеангарской котловине (в % от общей площади)

| Растительность | Общая площадь | | Функции (% от общей площади) | | | | | ВСЕГО |
|----------------|-----------------|------------|------------------------------|--|----------------|-------------|------------------|-------|
| | км ² | % | Мерзлостабил- лизирующая | Противозеронозная (противоэрозионная) | Прогиволавиная | Водосборная | Водорегулирующая | |
| 1 | 11 | 2 | 4 | 4 | 0 | 92 | 0 | 100 |
| 2 | 36 | 6 | 0 | 9 | 44 | 47 | 0 | 100 |
| 3 | 17 | 3 | 0 | 20 | 26 | 54 | 0 | 100 |
| 4 | 22 | 4 | 0 | 68 | 17 | 15 | 0 | 100 |
| 5 | 44 | 7 | 23 | 56 | 0 | 4 | 17 | 100 |
| 6 | 71 | 12 | 57 | 20 | 0 | 0 | 23 | 100 |
| 7 | 119 | 20 | 36 | 36 | 0 | 0 | 27 | 100 |
| 8 | 116 | 19 | 43 | 37 | 0 | 0 | 20 | 100 |
| 9 | 82 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 10 | 83 | 14 | 4 | 22 | 3 | 0 | 71 | 100 |
| Всего | 600 | 100 | | | | | | |

Примечание. Растительность: 1 — разреженные лишайниковые (*Alectoria ochroleuca*, *Cetraria islandica*) тундры на каменистых россыпях; 2 — кустарничковые (*Dryas punctata*, *Cassiope ericoides*) и травяные (*Carex ensifolia*, *Campanula dasyantha*, *Gentiana algida*) мохово-лишайниковые тундры; 3 — кустарниковые (*Betula divaricata*, *Salix krylovii*) кустарничково-травяные (*Rhododendron aureum*) тундры; 4 — кедровостланиковые кустарничково-мохово-лишайниковые (*Rhododendron aureum*, *Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*) заросли в сочетании с разреженными лиственничными (*Larix gmelinii*), березовыми (*Betula lanata*) и ольховыми (*Duschekia fruticosa*) рединами; 5 — лиственничные кедровостланиковые (*Pinus pumila*), ерниковые (*Betula divaricata*, *B. fruticosa*) багульниково (*Ledum palustre*) и бруснично-зеленомошные (*Vaccinium vitis-idaea*) леса; 6 — лиственнично-кедрово-еловые (*Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Larix gmelinii*), местами с пихтой (*Abies sibirica*) мелкотравно-бруснично-зеленомошные (*Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*) леса; 7 — лиственнично-березовые (*Betula platyphylla*) кустарниковые (*Duschekia fruticosa*, *Betula fruticosa*) бруснично-мелкотравные леса; 8 — березово-лиственнично-сосновые (*Pinus sylvestris*, *Larix gmelinii*, *Betula platyphylla*) рододендровые (*Rhododendron dauricum*) кустарничково-мелкотравно-зеленомошные (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*) леса; 9 — лиственничные (*Larix gmelinii*) осоково-моховые заболоченные леса; 10 — комплексы переувлажненных осоковых (*Carex cinerea*, *C. canescens*) и вейниковых (*Calamagrostis epigeios*) лугов с прирусловыми ивовыми (*Salix schwerinii*), березовыми (*Betula platyphylla*) и осиновыми (*Populus tremula*) зарослями.

Модельный участок 1, по материалам авторов.

но бедных по фитоценоотическому разнообразию, лесов (ивово-тополевые, еловые леса), выполняющих данную функцию. На хребте ключевую роль играют сообщества горнотаежного, подгольцового и горнотундрового поясов, формационное разнообразие которых типично для Байкало-Джугджурского региона (Сочава, 1980). Наибольшую площадь здесь занимают лиственничные леса, кедровостланиковые сообщества и горные тундры, выполняющие противоэрозионную функцию в условиях относительно пологих и крутых коренных склонов хребта, препятствуя развитию на них эрозионных и гравитационных процессов.

Трансформация растительного покрова Станового нагорья связана с различного рода нарушениями; наибольшую роль играют пожары, которым подвержены лесные, редколесные, стланиковые и ерниковые сообщества, а также рубки леса, актуальные в зоне влияния Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. На их месте формируются сообщества восстановительных серий. С трансформацией сообществ происходит утрата выполняемых ими экологических функций, в то время как производные варианты сообществ вносят иной вклад в поддержание устойчивости экосистем.

За период с 2000 по 2017 гг. покрытая лесом и стланиковыми сообществами площадь в средней части бассейна р. Верхней Ангары сократилась более чем на 5 % (более 30 км²), в верхней части бассейна — на 3 % (около 20 км²) (прил. 6.4). Изменения коснулись в основном растительных сообществ горнотаежного и подгольцового поясов. В Верхнеангарской котловине, для которой характерны рубки на фоне периодических пожаров, в наибольшей степени трансформированы лиственничные, сосновые и березовые леса подгорных шлейфов хребтов, выполняющие мерзлотностабилизирующую функцию. Активизация солифлюкционных процессов проявляется при сведении лиственничных ерниковых лесов и редколесий, развивающихся на мерзлотностабилизирующих почвах, подстилаемых мощной толщей многолетнемерзлых грунтов. Рубки сосновых лесов, приуроченных к песчаным аллювиальным отложениям с небольшим промерзанием почво-грунтов, в меньшей степени влияют на выполнение мерзлотностабилизирующей функции производными, преимущественно березовыми и лиственничными сообществами, формирующимися на их месте. Примерно на 3 % сокращены площади лесов, выполняющих противоэрозионную и водорегулирующую функции. Это связано с небольшими фрагментами лесов в долинных комплексах, а также сложностью хозяйственного использования лесных ресурсов на крутых горных склонах.

В целом для оробиома наиболее существенные экологические последствия, вызванные сведением сосновых и лиственничных лесов, выполняющих мерзлотностабилизирующую функцию, в Верхнеангарской котловине связаны с активизацией солифлюкционных процессов. На Северо-Муйском хребте трансформация растительности вызвана прежде всего пожарами в стланиковых сообществах в подгольцовом поясе и рубками лесов; в нижних частях долины Верхней Ангары и ее притоков основные нарушения растительности, выполняющей водосборную и противоэрозионную функции, вызваны рубками и пожарами. Горнотаежные лиственничные леса низкогорий, выполняющие мерзлотностабилизирующую и водорегулирующую функции, в наибольшей степени уязвимы при этих нарушениях. Пожары в лесах на горных склонах приводят к замене коренных сообществ производными, что приводит к ослаблению их противоэрозионной функции. На горячих

кедровостланиковых зарослей нарушается водообменный процесс, усиливается поверхностный сток и активизируются процессы денудации и эрозии. Горные экосистемы восстанавливаются медленно и надолго теряют свои средообразующие и средозащитные функции.

4. Заключение

Составленные фитоэкологические карты растительности модельных участков Станового нагорья подробно раскрывают пространственную структуру горного биома в связи с его современной динамикой. Хорошо проявляются ботанико-географические особенности ценотического разнообразия Ангарской котловины и Северо-Муйского хребта с учетом высотно-поясных условий развития. Фитоценотическое разнообразие и эколого-географические закономерности его формирования в условиях сложной орографической структуры Станового нагорья обуславливают выделение пяти приоритетных экологических функций растительности, выполняемых сообществами горнотаежного, подгольцового и горнотундрового поясов. Растительные сообщества горных экосистем выполняют средообразующие функции, но в пределах высотных поясов в их фитоценотическом оптимуме имеют еще и приоритетные средозащитные и средостабилизирующие экологические функции.

Горнотаежный пояс лиственничных лесов сложен сообществами, выполняющими широкий спектр приоритетных экологических функций. На резко расчлененных склонах хребтов лиственничные леса в качестве приоритетной несут противоденудационную функцию, на менее крутых склонах выполняют важную противозерозионную роль. В условиях развития долинных комплексов в днищах межгорных котловин преобладают лесные и лугово-болотные сообщества с приоритетной ролью водорегулирующей функции. На отрогах хребтов произрастают лиственничные и сосново-лиственничные леса, выполняющие мерзлотностабилизирующую функцию. В подгольцовом поясе в условиях преобладания резко расчлененного рельефа редколесные и кедровостланиковые сообщества препятствуют развитию денудационных и эрозионных процессов, осуществляя средозащитные функции. Для горнотундрового пояса характерна водосборная роль сообществ высокогорных тундр в осевых частях хребтов.

Большое влияние на трансформацию горных экосистем оказывает сведение таежных лесов и подгольцовых редколесных и стланиковых сообществ, рубки и пожары которых инициируют сукцессионные процессы, определяя формирование коротко- и длительно-производных сообществ, что приводит к потере средообразующих функций и смене их приоритетных средозащитных функций у производных сообществ, а также ослаблению роли растительного компонента экосистем в выполнении исходных экологических функций. Производные сообщества полностью или частично утрачивают мерзлотностабилизирующую, противозерозионную и противолавинную функции. Следствием этого является активизация солифлюкционных, эрозионных, гравитационных процессов. Горные экосистемы лишаются естественных коренных сообществ и могут надолго терять свои экологические функции, что приводит к снижению экологического потенциала оробеома в целом.

Литература

- Александрова, Т. Д., Преображенский, В. С. (1964). *Ландшафты малых котловин горной тайги*. Москва: Наука.
- Барталев, С. А., Егоров, В. А., Ершов, Д. В., Исаев, А. С., Лупян, Е. А., Плотников, Д. Е., Уваров, И. А. (2011). Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектро-радиометра MODIS. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 8 (4), 285–302.
- Белов, А. В., Лямкин, В. Ф., Соколова, Л. П. (2002). *Картографическое изучение биоты*. Иркутск: Облмашинформ.
- Белов, А. В., Соколова, Л. П. (2013). Картографирование растительности в решении экологических проблем Юга Восточной Сибири: итоги и перспективы. *Геоботаническое картографирование*, 1–31.
- Волкова, Е. А., Федорова, И. Т. (1993). Карта экологических функций растительного покрова России. *Геоботаническое картографирование*, 51–58.
- Волкова, Е. А., Федорова, И. Т. (2011). Карта экологических функций растительного покрова России 1:30 000 000. В: *Национальный атлас почв Российской Федерации*. Москва: Астрель.
- Данилова, И. В., Корец, М. А., Рыжкова, В. А. (2017). Картографирование возрастных стадий лесной растительности на основе анализа разносезонных спутниковых изображений Landsat. *Исследование Земли из космоса*, (4), 12–24. <https://doi.org/10.7868/S0205961417040029>
- Елсаков, В. В., Марущак, И. О. (2011). Спутниковые изображения в анализе количественных характеристик лесных фитоценозов Печоро-Ильчского заповедника Республики Коми. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 8 (4), 303–309.
- Кондратьева, К. А., Курнишкова, Т. В. (1964). О роли геоботанической съемки при мелкомасштабных мерзлотных исследованиях (на примере Алданского района). В: *Мерзлотные исследования. Вып. IV*, Москва: МГУ имени М. В. Ломоносова, 255–272.
- Королькова, Е. Э. (2013). Среднемасштабное геоботаническое картографирование Северо-Западного Прибайкалья на основе эволюционно-динамических тенденций растительности. *Геоботаническое картографирование*, 42–61.
- Кравцова, В. И., Лошкарева, А. Р. (2010). Исследование северной границы леса по космическим снимкам разного разрешения. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, (6), 49–57.
- Лавренко, Н. Н. (1977). Опыт составления карты ландшафтнозащитных и ресурсных функций растительного покрова зоны Байкало-Амурской магистрали. *Геоботаническое картографирование*, 20–32.
- Малышев, Л. И., Пешкова, Г. А. (1984). *Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье)*. Новосибирск: Наука.
- Огуреева, Г. Н., Бочарников, М. В. (2017). Оробиомы как базовые единицы региональной оценки биоразнообразия горных территорий. *Экосистемы: экология и динамика*, 1 (2), 52–81.
- Огуреева, Г. Н., Леонова, Н. Б., Емельянова, Л. Г. и др. (2018). *Карта «Биомы России» в серии карт природы для высшей школы. М. 1:7 500 000. (настенная). Изд. 2-е переработанное и дополненное*. [online] Доступно на: <https://wwf.ru/what-we-do/bio/biomy-rossii/> [Дата доступа 23.06.2020].
- Осипов, С. В. (2015). Леса и редколесья гольцово-таежных ландшафтов Буреинского нагорья (разнообразии, структура, динамика). *Сибирский лесной журнал*, (1), 25–42.
- Панарин, И. И., Митрофанов, Д. П., Исаева, Л. Н. (1980). *Горные леса зоны БАМ*. Новосибирск: Наука.
- Пешкова, Г. А. (1985). *Растительность Сибири (Предбайкалье и Забайкалье)*. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение.
- Рыжкова, В. А., Данилова, И. В., Корец, М. А. (2014). Классификация лесорастительных условий Норильского промышленного района и прилегающих территорий для оценки состояния и динамики растительного покрова. *Сибирский экологический журнал*, 21 (6), 873–885.
- Софронов, А. П. (2015). Геоботаническое картографирование растительного покрова котловин Северо-Восточного Прибайкалья. *Геоботаническое картографирование*, 62–77.
- Сочава, В. Б. (1980). *Географические аспекты сибирской тайги*. Новосибирск: Наука.
- Хуторцев, И. И. (1972). О почвозащитной роли горных лесов в бассейне Байкала. В: *Географические аспекты горного лесоведения и лесоводства. Вып. 3*, Чита.

- Чердникава, Ю. С., Краснощеков, Ю. Н. (2016). Лесные экосистемы Юго-Западного Прибайкалья: современное состояние и картографирование. *Сибирский лесной журнал*, (3), 10–23.
- Belov, A. V. and Sokolova, L. P. (2014). The ecological potential of vegetation as a factor of nature management in Baikalian Siberia. *Geography and Natural Resources*, 35 (3), 229–235. <https://doi.org/10.1134/S1875372814030056>
- Bocharnikov, M. V., Ogureeva, G. N. and Jargalsaikhan, L. (2018). Regional features of the altitudinal gradients in Northern Transbaikalia vegetation cover. *Geography, environment, sustainability*, 11 (4), 67–84. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2018-11-4-67-84>
- Drobnik, T., Greiner, L., Keller, A. and Gret-Regamey, A. (2018). Soil quality indicators — From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators*, 94, 151–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.052>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O. and Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342 (6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. and Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25 (15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Rivas-Martinez, S., Penas, A. and Diaz, T. E. (2004). *Bioclimatic map of Europe, thermoclimatic belts*. Cartographic Service. University of Leon, Spain.
- Vladimirov, I. N., Sofronov, A. P., Sorokovoi, A. A., Kobylkin, D. V. and Frolov, A. A. (2014). Structure of vegetation cover in the western part of the Upper-Angara depression. *Geography and Natural Resources*, 35 (2), 143–151. <https://doi.org/10.1134/S187537281402005X>

Статья поступила в редакцию 31 мая 2019 г.
Статья рекомендована в печать 10 февраля 2020 г.

Контактная информация:

Огуреева Галина Николаевна — ogur02@yandex.ru
Бочарников Максим Викторович — maxim-msu-bg@mail.ru

Ecological functions of the modern vegetation cover of the Stanovoy Highlands*

G. N. Ogureeva, M. V. Bocharnikov

Lomonosov Moscow State University,
1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation

For citation: Ogureeva, G. N., Bocharnikov, M. V. (2020). Ecological functions of the modern vegetation cover of the Stanovoy Highlands. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 65 (2), 377–394. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2020.209> (In Russian)

An integral evaluation of the modern vegetation cover of the Stanovoy Highlands has been carried out on the basis of identifying priority ecological functions for vegetation communities in model sites of the mountain system (in the Upper Angara depression and in the North-Muya Range). Identification of the typological diversity of vegetation and the ecotopic relations of communities, conducted on the basis of field data and remote sensing data, made it possible to compile vegetation maps of model sites with the allocation of five priority ecological functions (permafrost-stabilizing, anti-erosion, anti-avalanche, drainage, water-regulating) for vegetation communities of different altitudinal belts (mountain taiga, sub-tundra, tundra belts). An analysis of the current state of vegetation has been done on the basis of changes in the forest

* This research was supported by the Russian Science Foundation (project no. 17-77-10142).

area for the period from 2000 to 2018. Trends in the change of functions of communities have been determined. The ecological and geographical approach to determining the diversity of functions of the vegetation communities of the Stanovoy Highlands revealed the specifics of the botanical diversity of the mountain territory according to altitudinal and regional patterns. The mountain taiga belt is composed of vegetation communities (mainly larch forests) that perform a wide range of environmental priority functions in various ecotope conditions. Sparse forests and dwarf pine communities perform environmental protection functions in conditions of steeply sloping relief in the sub-tundra belt. High-mountain communities are characterized by a drainage function in the top levels of ranges in the tundra belt. The composed phytoecological maps of vegetation have made it possible to identify the spatial structure of the mountain biome on the example of model areas according to the actual dynamic of vegetation cover of the Stanovoy Highlands connected with cutting and fires. Approbation of the cartographic method in the study identifies the prospects for its use in ecological mapping with an evaluation of the functions of vegetation communities in mountain ecosystems.

Keywords: ecological potential, coenotic diversity, remote sensing, altitudinal zonality, Stanovoy Highlands.

References

- Aleksandrova, T. D. and Preobrazhenskii, B. C. (1964). *Landscapes of small mountain taiga hollows*. Moscow: Nauka Publ. (In Russian)
- Bartalev, S. A., Egorov, V. A., Ershov, D. V., Isaev, A. S., Lupian, E. A., Plotnikov, D. E. and Uvarov, I. A. (2011). Satellite mapping of the vegetation cover of Russia according to the MODIS spectroradiometer. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa*, 8 (4), 285–302. (In Russian)
- Belov, A. V., Liamkin, V. F. and Sokolova, L. P. (2002). *Cartographic study of biota*. Irkutsk: Oblmashinform Publ. (In Russian)
- Belov, A. V. and Sokolova, L. P. (2013). Mapping of vegetation in solving environmental problems of the South of Eastern Siberia: results and prospects. *Geobotanicheskoe kartografirovaniie*, 1–31. (In Russian)
- Belov, A. V. and Sokolova, L. P. (2014). The ecological potential of vegetation as a factor of nature management in Baikalian Siberia. *Geography and natural resources*, 35 (3), 229–235. <https://doi.org/10.1134/S1875372814030056>
- Bocharnikov, M. V., Ogureeva, G. N. and Jargalsaikhan, L. (2018). Regional features of the altitudinal gradients in Northern Transbaikalia vegetation cover. *Geography, environment, sustainability*, 11 (4), 67–84. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2018-11-4-67-84>
- Cherednikova, Iu. S. and Krasnoshchekov, Iu. N. (2016). Forest ecosystems of the South-Western Baikal Region: Current State and Mapping. *Sibirskii lesnoi zhurnal*, (3), 10–23. (In Russian)
- Danilova, I. V., Korets, M. A. and Ryzhkova, V. A. (2017). Regenerating Vegetation Age Stages Mapping Based on Multi-Seasonal Landsat Satellite Imagery. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, (4), 12–24. <https://doi.org/10.7868/S0205961417040029> (In Russian)
- Drobnik, T., Greiner, L., Keller, A. and Gret-Regamey, A. (2018). Soil quality indicators — From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators*, 94, 151–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.052>
- Elsakov, V. V. and Marushhak, I. O. (2011). The satellite monitoring of quantitative parameters of forest ecosystems of Pechoro-Ilych Nathural Reserve of the Komi Republic. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa*, 8 (4), 303–309. (In Russian)
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O. and Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342 (6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. and Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25 (15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hutorcev, I. I. (1972). On the conservation role of mountain forests in the Baikal basin. In: *Geograficheskie aspekty gornogo lesovedeniia i lesovodstva*. Vyp. 3. Chita. (In Russian)

- Kondrat'eva, K. A. and Kurnishkova, T. V. (1964). On the role of geobotanical surveys in small-scale permafrost studies (using the example of the Aldan region). In: *Merzlotnye issledovaniia. Vyp. IV*. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 255–272. (In Russian)
- Koroľkova, E. E. (2013). Medium-scale geobotanical mapping of the North-Western Baikal region based on evolutionary-dynamic vegetation trends. *Geobotanicheskoe kartografirovanie*, 42–61. (In Russian)
- Kravtsova, V. I. and Loshkareva, A. R. (2010). Study of the northern forest line using space imagery of different resolutions. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiia*, (6), 49–57. (In Russian)
- Lavrenko, N. N. (1977). Experience in mapping of landscape-protective and resource functions of the plant cover of the Baikal-Amur Mainline zone. *Geobotanicheskoe kartografirovanie*, 20–32. (In Russian)
- Malyshev, L. I. and Peshkova, G. A. (1984). *Features and genesis of Siberian flora (Prebaikalia and Transbaikalia)*. Novosibirsk: Nauka Publ. (In Russian)
- Ogureeva, G. N. and Bocharnikov, M. V. (2017). Orobiomes as basic units of regional assessment of mountain biodiversity. *Ekosistemy: ekologiia i dinamika*, 1 (2), 52–81. (In Russian)
- Ogureeva, G. N., Leonova, N. B., Emelianova, L. G. et al. (2018). *Map "The biomes of Russia"*. [online] Available at: <https://wwf.ru/what-we-do/bio/biomy-rossii/> [Accessed 23 Jun. 2020].
- Osipov, S. V. (2015). Forests and Open Woodlands of Alpine-Taiga Landscapes of the Bureya Mountains (Diversity, Structure, and Dynamics). *Sibirskii lesnoi zhurnal*, (1), 25–42. (In Russian)
- Panarin, I. I., Mitrofanov, D. P. and Isaeva, L. N. (1980). *Mountain forests of the BAM zone*. Novosibirsk: Nauka Publ. (In Russian)
- Peshkova, G. A. (1985). *Vegetation of Siberia (Prebaikalia and Transbaikalia)*. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otделение Publ. (In Russian)
- Rivas-Martinez, S., Penas, A. and Diaz, T. E. (2004). *Bioclimatic map of Europe, thermoclimatic belts*. Cartographic Service. University of Leon, Spain.
- Ryzhkova, V. A., Danilova, I. V. and Korets, M. A. (2014). Classification of Forest Growing Conditions in and Around the Norilsk Industrial Region and Assessment of Vegetation State and Dynamics. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 21 (6), 873–885. (In Russian)
- Sofronov, A. P. (2015). Geobotanical mapping of vegetation cover of the basins of the North-Eastern Baikal. *Geobotanicheskoe kartografirovanie*, 62–77. (In Russian)
- Sochava, V. B. (1980). *Geographical aspects of the Siberian taiga*. Novosibirsk: Nauka Publ. (In Russian)
- Vladimirov, I. N., Sofronov, A. P., Sorokovoi, A. A., Kobylkin, D. V. and Frolov, A. A. (2014). Structure of vegetation cover in the western part of the Upper-Angara depression. *Geography and Natural Resources*, 35 (2), 143–151. <https://doi.org/10.1134/S187537281402005X>
- Volkova, E. A. and Fedorova, I. T. (1993). Map of ecological functions of vegetation cover in Russia. *Geobotanicheskoe kartografirovanie*, 51–58. (In Russian)
- Volkova, E. A. and Fedorova, I. T. (2011). Map of ecological functions of vegetation in Russia 1:30 000 000. In: *Natsional'nyi atlas pochv Rossiiskoi Federatsii*. Moscow: Astrel' Publ. (In Russian)

Received: May 31, 2019

Accepted: February 10, 2020

Contact information:

Galina N. Ogureeva — ogur02@yandex.ru,

Maxim V. Bocharnikov — maxim-msu-bg@mail.ru