

УДК 911.2

## ВЫСОТНАЯ СТРУКТУРА ЛАНДШАФТОВ ВЫСОКОГОРНОГО МАССИВА МОНГУН-ТАЙГА

© 2014 С.А. Гаврилкина, Е.С. Зелепукина, А.И. Резников, К.В. Чистяков

Санкт-Петербургский государственный университет

Поступила в редакцию 19.05.2014

Статья посвящена анализу высотной структуры ландшафтов высокогорного массива Монгун-Тайга. Обособленность и морфологические особенности массива способствуют формированию специфического типа высотной поясности, а именно – сочетанию горно-тундровых, горно-луговых и горно-степных геосистем на одних гипсометрических уровнях. Детальное обследование ландшафтов массива позволило выявить закономерности и особенности их распределения, а также на основе рассчитанных значений климатических характеристик оценить эколого-климатические условия, характерные для разных типов геосистем. Результаты подобного анализа позволят смоделировать потенциальные реакции ландшафтной структуры на изменения климата.

Ключевые слова: *высокогорный массив, ландшафтная структура, высотный пояс, геосистема, экспозиция, растительные сообщества, видовое разнообразие, местоположение, встречаемость*

Высокогорный массив Монгун-Тайга, являющийся своеобразным связующим звеном между Алтаем и Западным Саяном, расположен в северо-западной части Котловины Больших Озер Внутренней Азии на стыке широтных зон степей и полупустынь и долготно-климатических секторов с континентальным и резко-континентальным климатом. В ландшафтной структуре массива Монгун-Тайга помимо явной высотной дифференциации, обусловленной гипсометрическим перепадом от 1800 до почти 4000 м и повсеместным развитием многолетней мерзлоты, прослеживаются существенные различия между северным и южным макросклонами. Это определяется преимущественно морфологическими особенностями массива, а также его положением по отношению к преобладающему западному переносу воздушных масс, определяющим неравномерность распределения осадков по склонам (как летних, так и зимних, перераспределяемых за счет метелевого переноса) [2]. Исходными материалами для анализа высотной структуры массива послужили ландшафтная карта масштаба 1:100 000 [5], составленная на основе полевых материалов с использованием геоморфологической схемы и схемы криогенных комплексов массива [3], данных

дистанционного зондирования. Сравнительный анализ ландшафтной структуры высотных ступеней и выявление экспозиционных особенностей распределения геосистем на одинаковых высотных уровнях проводился с помощью картографических и картометрических методов, в том числе с использованием цифровой модели рельефа с шагом 1 арксекунда (около 30 м) [10]. Моделирование полей пространственного распределения среднелетней температуры воздуха и суммарного количества осадков за лето с учётом горизонтального и вертикального градиентов позволило выявить диапазоны значений климатических характеристик, отражающие оптимальные условия функционирования геосистем.

Особенности орографического строения территории на фоне общей циркуляции атмосферы, различия в солёных и ветровых экспозициях определяют черты высотной поясности массива. В ландшафтной структуре массива Монгун-Тайга сочетается современное оледенение высокогорной части, горно-тундровые, горно-луговые и горно-степные геосистемы (рис. 1). Подобное сочетание характерно для аридного горнотундрового-горностепного типа поясности [4]. Центральная высокогорная часть массива отличается развитым горным оледенением (в интервале высот 2800-3970 м) площадью чуть более 20 кв. км, наличием альпинотипных форм рельефа, большим количеством цирков, каров и многолетних снежников. Общей тенденцией динамики высокогорных ландшафтов массива в настоящее время является сокращение площадей снежно-ледовых образований и подъём нижней границы их распространения [2]. Верхний предел распространения растительности, представленной криопетрофитными группировками, достигает 3600 м. В высотном интервале 3200-3600 м, где доминируют гольцовые геосистемы, почвенно-растительный покров развит фрагментарно и, в основном, на высокогорных поверхностях

Гаврилкина Светлана Андреевна, аспирантка. E-mail: svetilnic@mail.ru

Зелепукина Елена Сергеевна, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры физической географии и ландшафтного планирования. E-mail: gazelkin2@mail.ru

Резников Андрей Ильич, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры физической географии и ландшафтного планирования. E-mail: ar1725-2@mail.ru

Чистяков Кирилл Валентинович, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и ландшафтного планирования. E-mail: kirill.chistyakov@gmail.com

выравнивания, прогреваемых пологих склонах, либо в защищенных от ветра каменистых россыпях современных морен. Растительные сообщества здесь не отличаются большим видовым разнообразием и представлены криоксерофитами розеточно-го и подушечного типов (*Waldheimia tridactylites*,

*Saxifraga oppositifolia*, *S. Melaleuca*, *Crepis nana*, *C. chrysanta*, *Leiospora exscapa*, *Sibbaldia tetrandra*, *Draba alpina* и др.). Общая площадь, занимаемая криофитами и подушечниками, составляет около 250 кв.км.

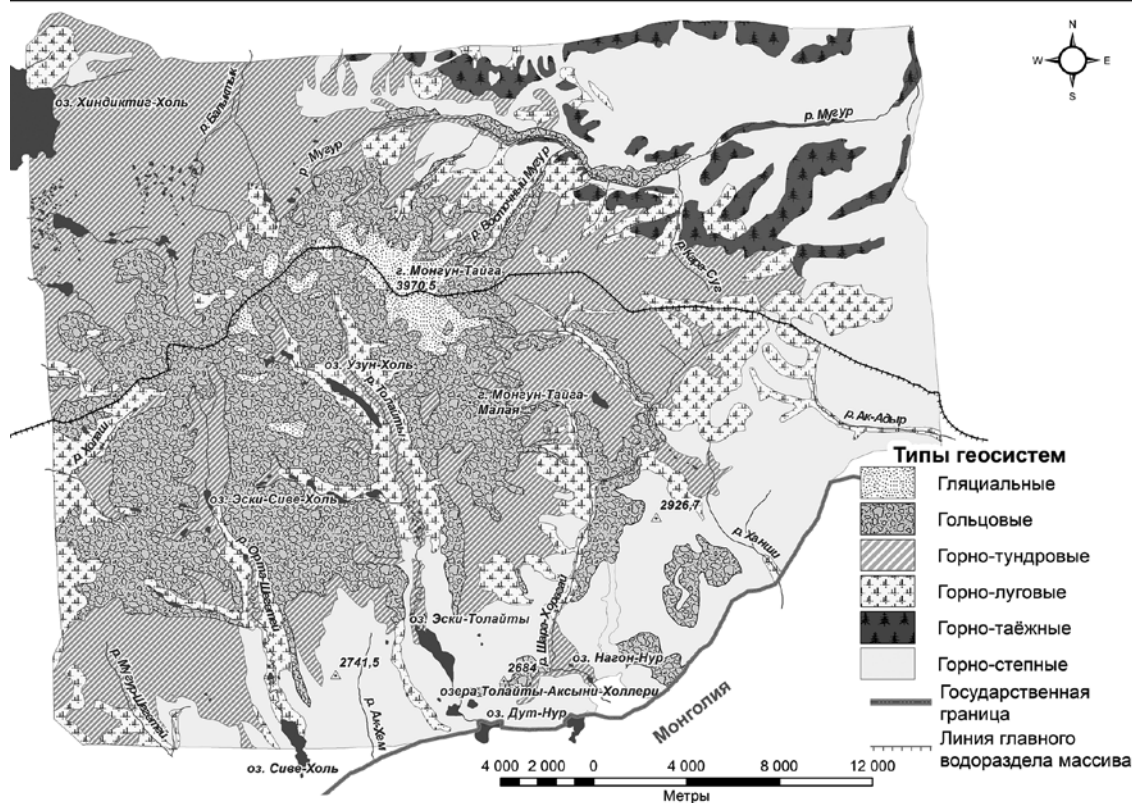


Рис. 1. Ландшафтная схема массива

Многообразие тундровых сообществ, распространенных на территории массива, в данной работе было объединено в четыре основных группы по доминирующим видам растительности, проективному покрытию, мозаичности внутренней структуры: каменистые кобрезиевые пустоши, дриадовые тундры, мохово-ерниковые тундры, осоковые тундры. Всего тундровые геосистемы занимают примерно третью часть площади массива. Более 80% площади, занимаемой разными видами тундр, приурочены к высотному интервалу 2400-3000 м. На наиболее высоких гипсометрических уровнях (вплоть до высоты 3400 м) на выровненных пространствах, практически лишенных снежного покрова в зимнее время вследствие выдувания, распространены *кобрезиевые пустоши*, не образующие сомкнутого покрова и характеризующиеся преобладанием *Kobresia myosuroides*, *Kobresia humilis* при общей бедности видового состава. В переувлажненных местоположениях криофитно-разнотравные кобрезники сочетаются с осочниками. Значительные площади (чуть меньше половины всех тундровых сообществ) занимают *дриадовые тундры*. Они более разнообразны по видовому составу: содоминантами стелющегося кустарничка *Dryas oxyodonta* в зависимости от щебнистости поверхности, степени выраженности мерзлотных

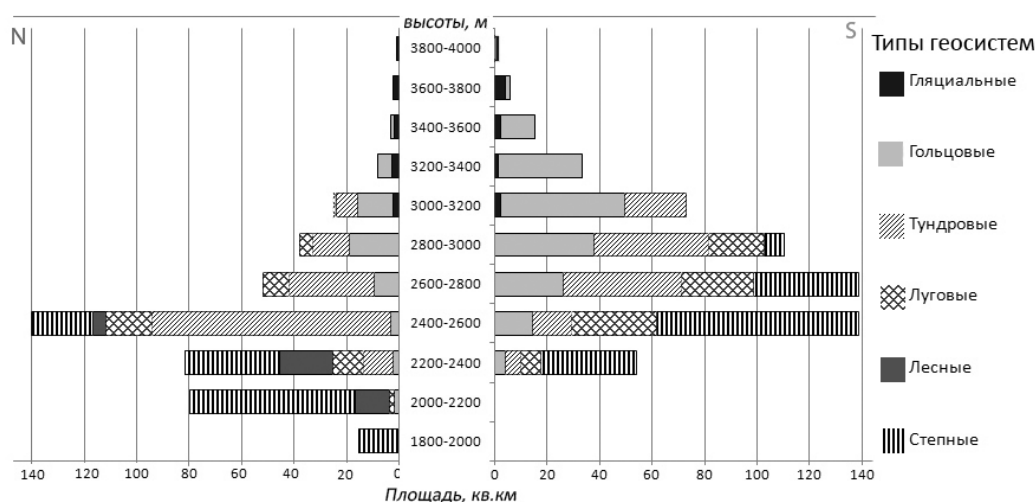
процессов и пр. являются кобрезии, различные виды осок и лишайников. Также в сообществах принимают участие криофитные виды разнотравья, приспособленные к резким перепадам температур и неглубокому залеганию мерзлоты (*Polygonum viviparum*, *Papaver nudicaule*, *Pedicularis uliginosa* и др.). К группе *мохово-ерниковых тундр* были отнесены сообщества с выраженным преобладанием в напочвенном покрове зеленых и политриховых мхов и *Betula rotundifolia* с участием в травостое *Festuca ovina*, *Poa altaica*, несколько видов рода *Carex*, *Polygonum viviparum*, *Thalictrum alpinum*, *Empetrum nigrum* и др. *Разнотравно-осоковые тундры* приурочены к переувлажненным понижениям и западинам в высотном интервале 2400-2800 м. Так, значительные площади травяных заболоченных тундр расположены на днищах обращенных к югу троговых долин (рек Толайты, Орта-Шегетей), где конечно-моренные перемычки препятствуют стоку рек, в результате чего широкие долины оказываются переувлажненными, что особенно сильно проявляется в период половодья и интенсивного таяния ледников. В зависимости от степени заболачивания среди доминантов могут быть *Carex melanantha*, *C. orbicularis*, *C. sempervirens*, *C. stenocarpa*, *Eriophorum polystachion* и др.

Хотя луговые геосистемы нетипичны для аридных высокогорных областей и не образуют выраженного высотного пояса, они играют важную роль в ландшафтной структуре массива. Распространение луговой растительности обусловлено сезонным таянием ледников и снежников, что обеспечивает дополнительное увлажнение почв в вегетационный период. В данной работе нами выделено 2 группы лугов: альпинотипные и злаково-осоково-разнотравные. *Альпинотипные луга* фрагментарно распространены в высотном интервале 2600-3000 м и, в основном, приурочены к прогреваемым склонам южной экспозиции. Сообщества имеют сомкнутый покров, в котором преобладают *Saxifraga sibirica*, *Draba sibirica*, *Aster alpinus*, *Trollius asiaticus*, *Dracocephalum grandiflorum*, *Gentiana grandiflora*, различные виды осок. *Злаково-осоково-разнотравные*, местами закустаренные, луга распространены преимущественно в высотном интервале 2200-2800 м. Они характеризуются большим разнообразием разнотравья и злаков (*Festuca ovina*, *F. kryloviana*, *Poa altaica*, *Galium verum*, *Polygonum viviparum*, *Dracocephalum grandiflorum*, *Sajania monstrosa*, *Senecio asiatica*, *Campanula rotundifolia*, *Potentilla gelida* и др.), а также наличием тундровых и степных кустарничков (*Betula rotundifolia*, *Juniperus pseudosabina*, *Spiraea alpina*, *S. media*, *Salix reticulata*, *S. glauca*).

Не образуют самостоятельного пояса и *лиственничники* (*разнотравно-злаковые*, *дриадово-ерниковые*). Они тяготеют к ложбинам и понижениям на склонах северной экспозиции в северо-восточной части массива на высотах 2000-2400 м. Верхняя граница леса поднимается на массиве в среднем до 2500 м, где представлена *лиственничниками дриадово-ерниковыми* с разреженным невысоким древостоем (проективное покрытие не превышает 30%) и значительным участием в напочвенном покрове ерников. Кроме доминирующей *Betula rotundifolia* встречаются также *Lonicera altaica*, *Juniperus sabina*, несколько видов рода *Salix*. Большая часть лесных массивов сосредоточена на высотах 2200-2400 м и представлена *лиственничниками разнотравными*. Для них характерна большая сомкнутость и высота древостоя (проективное покрытие около 40% при средней высоте деревьев 15-16 м) и разнообразие в травяно-кустарничковом ярусе (*Poa altaica*, *Festuca ovina*, *Ranunculus grandifolius*, бореальное разнотравье с участием тундровых видов – *Dryas oxyodonta*, *Papaver nudicaule*; *Lonicera altaica*, *L. hispida*, *Trollius asiaticus*, *Geranium sylvaticum*, *Polemonium caeruleum*, *Atragene sibirica*, *Swertia obtusa*. На нижней границе леса (около 2000 м) в напочвенном покрове – значительное участие степных видов среди бореального разнотравья (*Artemisia tanacetifolia*, *Eritrichium pectinatum*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Atragene sibirica*, *Potentilla pensylvanica*). Кроме того, к лесным массивам на Монгун-Тайге относятся и заросли нескольких видов рода *Salix*, приуроченные к пойме долины р. Мугур, где содоминантами *Equisetum fluviatile* являются *Setaria pumila*, *Artemisia palustris*, *Geranium sylvaticum*, *Oxytropis deflexa*.

Степи занимают около трети площади массива и распространены от подножий до высоты 3000 м. Разнообразные степи массива объединены в работу в три группы: разнотравно-злаковые, кустарниковые и полынные. Наибольшие площади занимают *разнотравно-злаковые степи* (более 200 кв.км). Среднее проективное покрытие травостоя обычно составляет порядка 30%, и помимо преобладающих злаков (*Festuca squamulosa*, *F. Kryloviana*, *Setaria viridis*, *Poa attenuata* и др.) в структуре растительного покрова значительная роль принадлежит разнотравью (*Erigeron krylovii*, *Aster alpinus*, *Potentilla transtuvonica*, *Eritrichium rupestre*, *Saxifraga bronchialis*, *Oxytropis* sp., *Astragalus* sp. и др.). *Полынные* разновидности степей тяготеют в целом к более аридному макросклону, обращенному к югу и почти не поднимаются выше уровня 2800 м. Видовой состав ассоциации устойчив: среди доминирующих видов *Artemisia depauperata*, *Festuca lenensis*, *Ephedra fedtschenkoae* встречаются *Festuca valesiaca*, *Goniolimon tataricum*, *Astragalus tschuensis*, *A. laguroides*, *Eritrichium villosum*. Наименьшие площади среди степей занимают *кустарниковые* с *Caragana*, *Berberis*, *Dasiphora fruticosa*, кустарничковыми формами полыни; также в травостое встречаются *Eritrichium pauciflorum*, *Androsace bungeana*, *A. dasiphylla*, *Stellaria petraea*, *Alyssum obovatum*, *Clausia aprica*, *Orostachys spinosa*, *Potentilla astragalifolia*, *Saxifraga spinulosa*.

В целях выявления экспозиционных особенностей распространения геосистем по высотным интервалам территория массива была разделена по осевой части хребта на северную и южную. Существенная разница (около 400 м) высотного положения подножий северной и южной частей определяет асимметрию массива (рис. 2). Вследствие неравномерного распределения увлажнения по склонам схожие типы геосистем располагаются на разных высотных уровнях макросклонов и, соответственно, неодинаково соотношение их площадей на одних и тех же высотах. Так, на склоне массива, обращенном к югу, степи поднимаются вплоть до высоты 3000 м, тогда как на северном они распространены только ниже 2600 м. В целом высотные диапазоны тундровых и луговых геосистем на склонах разной экспозиции совпадают, однако на южной стороне массива луга занимают в два раза большую площадь, нежели на северной. Тундровые сообщества на высотной ступени 2400-2600 м южного макросклона занимают незначительные доли площади, а на северном общая доля тундр на этих высотах достигает 70%. Выше 2600 м площади тундр южной части массива уже значительно больше, нежели в северной. В ландшафтной структуре северного макросклона присутствуют лесные массивы. Таким образом, ниже пояса гольцов экспозиционная контрастность распределения геосистем проявляется на всех высотных уровнях, особенно ярко в интервале 2200-2600 м.

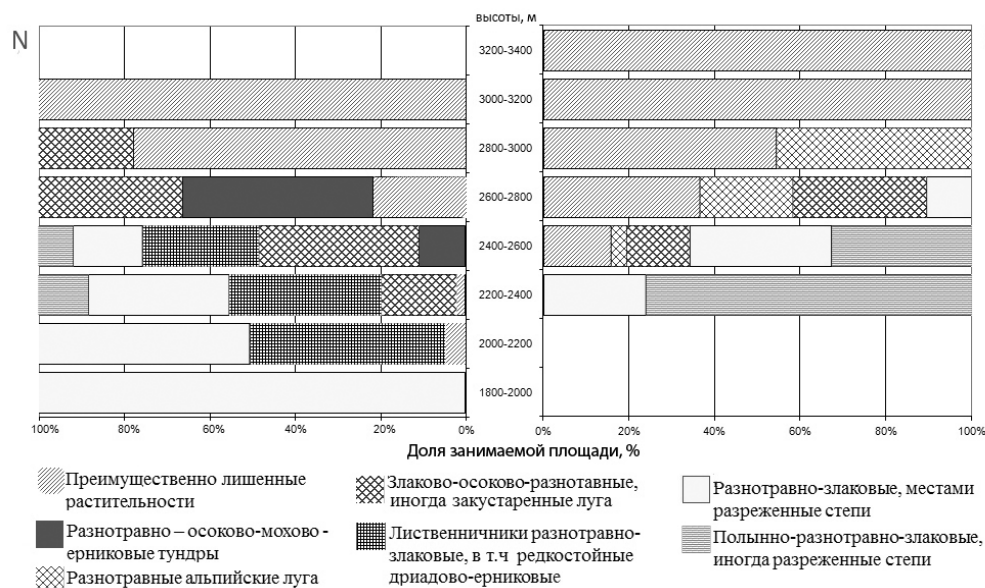


**Рис. 2.** Распределение суммарных площадей (кв.км) основных типов геосистем по высотным интервалам на противоположных макросклонах массива (N – северный и S – южный)

Равновероятное присутствие как тундровых, так и луговых, и степных геосистем на одних высотах, т.е. в схожих климатических условиях, обусловлено их широкой экологической амплитудой. Это объясняет необходимость уточнения условий местообитания в аридных высокогорьях, где пространственное размещение геосистем в наибольшей степени обусловлено эдафическими и орографическими факторами [6, 7]. Анализ распределения растительных группировок по местоположениям, различающимся по форме рельефа, преобладающим экзогенным процессам, характеру поверхностных отложений, особенностям увлажнения, в данной работе проводился по следующим типам рельефа:

- склоны различной крутизны;
- моренные образования, отличающиеся характером поверхности, возрастом, распространением;
- поверхности выравнивания;
- ложбины и западины.

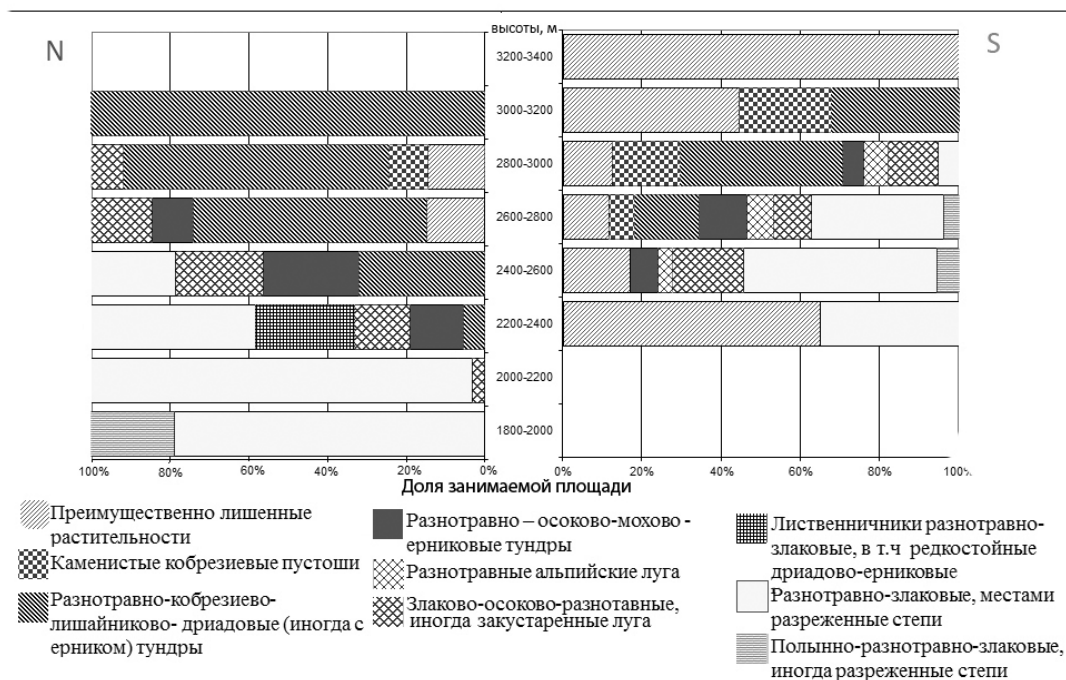
Самым распространенным типом местоположений являются разнообразные склоны. Наиболее крутые каменистые склоны гравитационного сноса (в том числе осыпи) «охватывают» поясом высокогорную часть массива (в основном в интервале высот 2800-3200 м). Они практически лишены растительности, за исключением фрагментарно развитых петрофитных сообществ. Следует отметить, что около половины площади гольцов располагается на этих крутых склонах и осыпях. Наибольшие площади в массиве (более 450 кв. км) занимают пологие склоны (крутизной менее 10°) с широко развитыми криогенными процессами (в первую очередь, солифлюкция) и денудационные среднекрутые склоны (крутизной 10-15°) с сильным эрозионным расчленением. Сравнение распределения растительных сообществ на склонах разной крутизны на соответствующих высотных уровнях и макроэкспозициях позволило выявить некоторые особенности.



**Рис. 3.** Нормированное распределение растительных сообществ (%) по высотным интервалам на среднекрутых склонах (N – северный и S – южный макросклоны)

Ниже 2200 м среднекрутые склоны встречаются только в северной части массива, где на более выпуклых частях они заняты разреженными разнотравно-злаковыми степями, а по эрозионным ложбинам – остепненными лиственничниками. Наибольшие экспозиционные различия на этих склонах общей площадью около 150 кв. км наблюдаются в интервале 2200-2800 м (рис. 3). Более 90% всех лиственничников массива приурочено к северным склонам долин рек Мугур и Каргы. Кроме

того, только в северной части массива развиты мохово-ерниковые тундры. Высотный диапазон распространения осоково-разнотравных лугов в северной части массива на 400 м больше, чем в южной, а альпинотипные луга развиваются только на южном макросклоне массива. Кроме того, важную роль в структуре высотных ступеней вплоть до высоты 2600 м на южном склоне играют полные степи, доля которых сокращается от 80% до 30%.



**Рис. 4.** Нормированное распределение растительных группировок (%) по высотным интервалам на пологих склонах (N – северный и S – южный макросклоны)

Пологие склоны занимают треть от общей площади рассматриваемой территории (320 кв. км) и характеризуются наиболее заметными экспозиционными различиями в распределении растительности, которые проявляются на всем диапазоне высот. Пологие склоны в северной и южной частях массива характеризуются схожим набором геосистем, в отличие от ландшафтной структуры среднекрутых склонов. Наибольшие экспозиционные контрасты в распределении растительности проявляются в высотном интервале 2200-3200 м (рис. 4). Ниже 2200 м пологие склоны, как и среднекрутые, представлены только в северной части массива и покрыты преимущественно разнотравно-злаковыми степями. Доля разреженных степей в целом и их роль в формировании облика растительности на пологих склонах невелика. В отличие от среднекрутых склонов, где полные степи доминируют на нижних высотных ступенях южной части массива, здесь распространены преимущественно разнотравно-злаковые степные ассоциации. Высотный диапазон распределения степей отличается на противоположных макросклонах массива более чем на 200 м: по склонам, обращенным к югу, они поднимаются на более высокие уровни и занимают около

40% площади даже в интервале 2600-2800 м; на северном же злаковые степи не поднимаются выше 2600 м. В северной части массива в диапазоне 2200-2400 м всего 10 кв.км занимают лиственничные леса. В структуре высотных ступеней южного макросклона горные тундры занимают более 30% площади только в интервале 2800-3000 м, тогда как северные пологие склоны характеризуются устойчивым преобладанием тундр уже с высоты 2400 м вплоть до 100% в интервале 3000-3200 м. Хотя площадь тундр примерно одинакова в северной и южной частях массива, доля их в структуре высотных поясов южного макросклона существенно ниже. В целом пологие склоны в южной части массива характеризуются значительно большей площадью территорий, лишённых растительности, которые в среднегорье представлены щебнистыми группировками ксероморфного облика (с *Artemisia*, *Ephedra*), а выше 2800 м криофитными. Особенностью распределения гольцов является их существенная доля в структуре нижних (в виде ксерофитных) и верхних (криофитных) ступеней.

Аккумулятивные склоны расположены преимущественно ниже 2400 м в восточной части массива Монгун-Тайга. Их наклонные поверхности

заняты разнотравно-злаковыми и злаково-полынными степями. Вследствие незначительного пространства (общая площадь не превышает 40 кв.км) на этих склонах не удалось выявить экспозиционных различий в распределении растительных сообществ при имеющемся масштабе тематических карт. Общая площадь моренных комплексов массива составляет около 250 кв.км. Результаты многолетних полевых исследований совместно с дешифрированием аэро- и космоснимков высокого разрешения позволили выявить несколько типов морен:

- наиболее древние отложения рисского оледенения;
- предгорные морены вюрмского оледенения;
- более молодые горно-долинные морены вюрмского оледенения;
- наиболее молодые – современные малой ледниковой эпохи.

Современные морены не опускаются ниже 2800 м и представляют собой незадернованные поверхности, примыкающие непосредственно к ледниковым комплексам вершины массива. Остальные моренные ландшафты вследствие более продолжительного периода формирования почвенно-растительного покрова характеризуются разнообразным сочетанием длительновременных состояний геосистем.

Стадиальные вюрмские западинные и грядовые морены общей площадью около 100 кв.км покрывают нижние части склонов троговых долин, слагают моренные перемычки, препятствующие доливному стоку, а также формируют плоские заозеренные поверхности в северной части массива. Они отмечаются в значительном диапазоне высот от 2200-3000 м. В верхней части троговых долин рек Толайты и Орта-Шегетей вокруг подпрудных озер и на северном макросклоне морены покрыты осоково-ерниковыми и кобрезиево-дриадовыми тундрами в сочетании с разнотравными альпийскими лугами; в более низких частях троговых долин луга закустарены, местами заболочены; на более открытых пространствах и сухих местоположениях распространены злаковые, полынные и кустарниковые степи (практически все степи этих морен приурочены к южным подножиям массива).

Вюрмские морены периода максимума оледенения отмечаются в интервале 2200-2800 м и представляют собой плоские сглаженные поверхности, сложенные валунниками, песками, ленточными суглинками. Поверхности морен сильно перемыты водными потоками и покрыты многочисленными мелкими озерами термокарстового происхождения (заозеренность вюрмских морен периода максимума оледенения достигает 9%). В целом на моренах северного макросклона массива доминируют лишайниково-дриадовые и мохово-ерниковые тундры, а на тех же высотах южного макросклона в растительном покрове преобладают злаковые, кустарниковые и полынные степи.

Более древние моренные отложения рисского оледенения расположены ближе к краям массива и выше 2600 м почти не поднимаются. Рисские морены северной части массива занимают около 40

кв.км и полностью заняты тундровыми группировками. На южном макросклоне рисские морены занимают незначительные площади и покрыты разнотравно-злаковыми и кустарниковыми степями. Следует отметить, что в пределах высокогорного массива Монгун-Тайга кустарниковые степи приурочены исключительно к моренным отложениям различного возраста.

Поверхности выравнивания – участки с малыми уклонами (2-3°), обуславливающие характерную ступенчатую структуру массива, занимают чуть менее 100 кв.км и встречаются на всех высотных интервалах, но наибольшие их площади сосредоточены в диапазоне 2800-3200 м. На среднегорных поверхностях выравнивания (ниже 2800 м) доминируют злаковые разновидности степей, высокогорные заняты преимущественно каменистыми кобрезиевыми пустошами. Выше 3200 м поверхности выравнивания практически лишены растительности.

В качестве отдельного типа рельефа были выделены ложбины и западины, в том числе днища трогов, переувлажненные речные террасы, зандры. Несмотря на малую площадь, они вносят разнообразие в ландшафтную структуру массива, создавая нехарактерные для аридного региона геокомплексы, отражающие ведущую роль рельефа в формировании почвенно-растительного покрова. Так, днища корытообразных троговых долин, перекрытые ледниковыми отложениями, заняты заболоченными травяными тундрами, местами с ерником, общей площадью 30 кв.км; пойменные ивняки приурочены к увлажненным террасам и поймам долины реки Мугур; во флювиогляциальных западинах практически повсеместно развиты осочники.

Детальный анализ высотной структуры массива проводился с учетом пространственного распределения значений климатических характеристик (среднегодовая температура воздуха, суммарное количество осадков за лето). Основой моделирования полей распределения температуры и осадков для массива Монгун-Тайга, помимо непрерывных многолетних рядов данных метеостанции Мугур-Аксы (1830 м), расположенной в долине реки Каргы примерно в 30 км к северо-востоку от массива, послужили данные сезонных полевых наблюдений, полученных в долинах рек Шара-Хорагай (3140 м) и Восточный Мугур (2260 и 2620 м). При расчетах использовался вертикальный градиент для среднегодовой температуры воздуха - 0,69°C /100 м для высот ниже 2200 м и -0,61°C /100 м – выше 2200 м. Расчет сумм летних осадков проводился с градиентом 7 мм/100 м для высот ниже 2200 м и 12 мм/100 м – выше 2200м. Для северной части массива в качестве опорной принималась метеостанция Мугур-Аксы, для южной – Тургэн, расположенной к югу от массива на высоте 1800 м. [7].

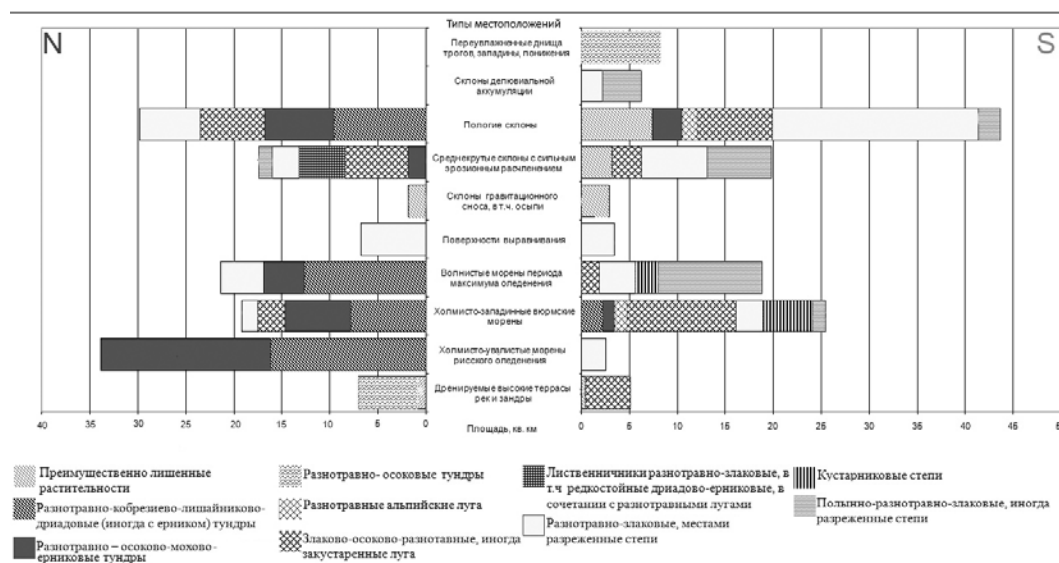
В структуре нижней части массива (ниже 2200 м, менее 10% площади массива) абсолютно доминируют степи. Расчетная среднегодовая температура воздуха здесь в среднем составляет 10,5-11 С, а сумма летних осадков не превышает 125 мм. Тем не менее, в данных условиях на средне-

крутых склонах северной части массива развивается древесная растительность. По нашим расчетам величиной, определяющей нижнюю границу леса можно считать величину 110 мм осадков за лето [7]. Существование лиственных массивов при столь низких суммах атмосферных осадков может быть объяснено дополнительным увлажнением за счет поверхностного стока. К пологим и аккумулятивным склонам приурочены разнотравно-типчаковые и полынные степи.

Более половины площади высотной ступени 2200-2400 м занимают пологие и среднекрутые склоны, для которых характерна одинаковая структура растительного покрова, а именно – сочетание лиственных и разнотравно-злаковых степей с незначительным участием разнотравных лугов на северном макросклоне и разреженные злаковые и полынные степи на южном. Экспозиционные различия проявляются также и в присутствии разнотравно-осоково-мохово-ерниковых тундр на северном макросклоне. Кроме того, на южной стороне массива разнообразны вариации полынных степей распространены на всех типах местоположений в отличие от противоположной северной стороны, где они полностью отсутствуют. Наличие в структуре растительности заболоченных разнотравно-осоковых тундр и их локализация в переувлажненных местоположениях обусловлены превышением

суммарного увлажнения по сравнению с рассчитанными значениями атмосферных осадков (на высоте 2400 м – до 150 мм за лето на северном макросклоне массива, до 100 – на южном). По нашим оценкам за счет поверхностного стока и сезонного оттаивания почвы имеет место многократное превышение суммарного увлажнения по сравнению с рассчитанными атмосферными осадками.

Чуть менее трети площади всего массива лежит в интервале высот 2400-2600 м (рис. 5), где на всех местоположениях прослеживаются четкие экспозиционные различия состояний геосистем. В целом северный макросклон на этой высоте имеет тундровый облик (тундра практически полностью покрывают обширные моренные образования); южная же часть массива характеризуется абсолютным преобладанием степей и практически полным отсутствием тундр. Ввиду морфологических особенностей широкие троговые долины (Толайты, Орта-Шегетей) переувлажнены (особенно в период половодья и интенсивного таяния ледников) и покрыты осоковыми тундрами и злаково-осоково-разнотравными лугами. Следует отметить, что на массиве Монгун-Тайга верхний предел распространения лесов, представленных ерниковыми лиственными лесами, находится на высоте около 2500 м, что примерно соответствует значениям среднелетней температуры 8°C.



**Рис. 5.** Распределение растительных группировок (кв. км) по типам местоположений на высотах 2400-2600 м (N – северный и S – южный макросклоны)

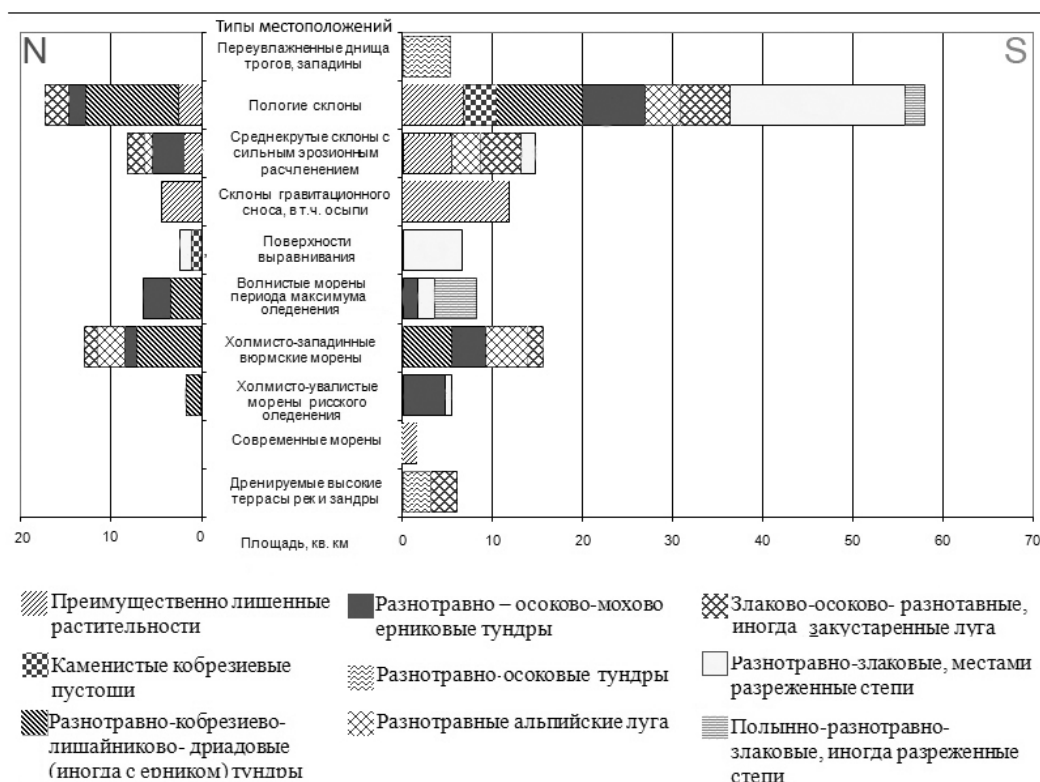
В высотном интервале 2600-2800 м площадью 200 кв.км велик контраст растительного покрова северного и южного макросклонов высокогорного массива (рис. 6). Так, разнотравно-злаковые, местами полынные степи приурочены исключительно к относительно выровненным местоположениям макросклона южной экспозиции (поверхности выравнивания, пологие склоны, волнистые морены). Однако в целом участие степей в структуре растительного покрова данной высотной ступени, где среднелетняя температура воздуха

составляет 7°C, не превышает 20% площади высотного интервала. Разнотравно-осоковые заболоченные луга локализованы в замкнутых понижениях или на днищах долин. На пологих склонах и холмисто-западинных моренах различного возраста наиболее широкое распространение получили сочетания тундровых и гольцовых группировок. На склоне северной экспозиции тундры образуют сомкнутую полосу с фрагментами альпийских и осоковых лугов.



Выше 2800 м, где согласно нашим расчетам среднелетняя температура воздуха составляет 6-6,5°C, ландшафтная дифференциация обусловлена не столько климатическими, сколько геоморфологическими факторами. Так, характерным элементом структуры являются петрофитные и лишайниковые группировки, развитые на каменистых россыпях, крутых склонах и незадернованных современных моренах. В целом гольцовые геосистемы занимают около 60 кв.км при общей площади интервала 2800-3000 м около 150 кв.км и доминируют при значительном участии некоторых разновидностей тундр, кобрезиевых и осоковых лугов. На пологих склонах и моренах доля тундр и лугов примерно одинакова. На более крутых склонах распространены отдельными фрагментами альпинотипные высокогорные луга. На южных склонах отдельными вкраплениями встречаются разнотравно-злаковые степи. Выше 3000 м растительный покров в целом имеет дискретный характер распространения и представлен в основном участками кобрезиевых пустошей с проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса менее 10% и редкими фрагментами дриадовых и лишайниковых тундр.

Ландшафтная структура высотной ступени 3000-3200 м отличается куда меньшим разнообразием и характеризуется абсолютным доминированием разреженных криопетрофитных группировок. В целом для массива характерно увеличение с высотой уклонов. Соответственно, увеличиваются с высотой и площади осыпных поверхностей и склонов гравитационного сноса, практически лишённые растительности и почв. Здесь они занимают более 60 кв. км при общей площади интервала 100 кв. км. Условия, при которых среднелетняя температура воздуха не поднимается выше 4 С являются критическими для произрастания высших растений, но в локальных понижениях возможно фрагментарное распространение кобрезиевых группировок, максимальная встречаемость которых приурочена к интервалу температур 4-6°C, а сумм осадков за лето 150-200 мм. Несмотря на оптимальное для ерниковых тундр количество расчетных осадков, здесь распространены только кобрезиево-дриадовые и кобрезиево-пустошные варианты тундр, поскольку со склонов снег сдувается и промерзание грунтов максимально. Следует отметить также и присутствие на высотах 3000-3200 м кобрезиево-разнотравных альпинотипных лугов. Луговые сообщества, таким образом, распространены по всему высотному профилю и существуют при интервале среднелетних температур 4-9°C.



**Рис. 6.** Распределение растительных группировок (кв. км) по типам местоположений на высотах 2600-2800 м (N – северный и S – южный макросклоны)

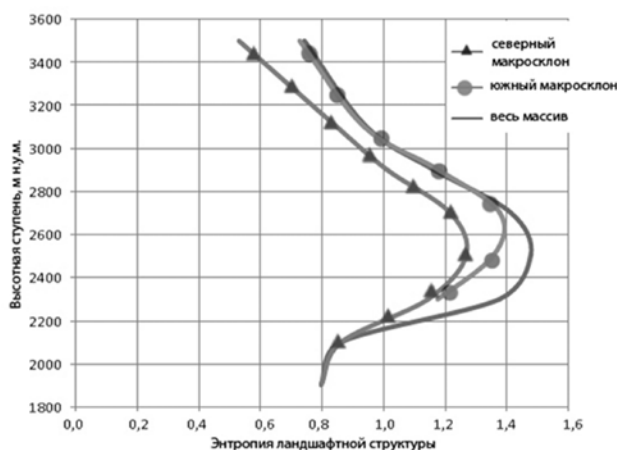
Для каждой высотной ступени массива был проведен анализ встречаемости различных геосистем и оценка меры ландшафтного разнообразия (рис. 7). Встречаемость рассчитывалась как

отношение площади геосистемы к общей площади высотной ступени. Полученная энтропия (как производная от встречаемости [1]) отражает вариативность экологических условий и, соответственно,



возможное разнообразие ландшафтов, для которых сложившиеся условия будут оптимальными. Наименьшее разнообразие физико-географических обстановок характерно для высокогорий массива, особенно в северной его части, поскольку с высотой происходит сокращение набора возможных форм рельефа и ужесточение климатических условий. Однако даже на контакте с гляциальным поясом энтропия ландшафтной структуры не нулевая, так как наличие поверхностей выравнивания в высокогорьях способствует сохранению разнообразия растительных сообществ (так, по сравнению со своими склоновыми аналогами горные луга и тундры встречаются на поверхностях выравнивания выше на 400 м). В перспективе возможно несколько вариантов развития высокогорных геосистем (например, при отступании ледников и формировании почвенно-растительного покрова на выположенных поверхностях можно предполагать существенное усложнение ландшафтной структуры высокогорного пояса.).

Однообразие ландшафтной структуры нижних ступеней массива обусловлено преобладанием аридных сообществ из-за малого количества атмосферных осадков. В случае роста количества осадков вероятно усложнение ландшафтной структуры; а в случае сокращения значимые изменения структуры не ожидаемы. Наибольшие значения энтропии отмечаются в высотном интервале 2400-2800 м, причем в южной части массива они максимальны. Соответственно, изменение климатических обстановок скорее всего приведет к перестройкам внутренней структуры (изменению высотных диапазонов, соотношений площадей основных геосистем), но не к её усложнению.



**Рис. 7.** Значения энтропии ландшафтной структуры массива Монгун-Тайга

**Выводы:** высотно-поясная структура ландшафтов, сформированная в условиях резко континентального аридного климата на стыке Алтая и Танну-Ола, имеет ряд специфических черт, проявляющихся в отсутствии выраженных высотных поясов, вместо которых образуются сочетания горно-степных, горно-тундровых, горно-луговых типов геосистем. Высотные диапазоны

распространения основных типов геосистем северной и южной частей массива Монгун-Тайга могут различаться на 300-400 м, при этом наибольшим разнообразием ландшафтной структуры отличается интервал высот 2400-2800 м, где наблюдаются максимальные величины облачности.

Одновременное проявление нескольких факторов – климатических, геолого-геоморфологических, орографических, экспозиционных – определяет мозаичность ландшафтной структуры массива:

- фрагментарное распространение горных лесов на фоне малого количества атмосферных осадков обусловлено концентрацией влаги на вогнутых участках теневых склонов вследствие перераспределения поверхностного стока и таяния многолетней мерзлоты

- вариации длительновременных состояний однотипных геосистем в наибольшей степени зависят от свойств местоположений (тип рельефа, состав поверхностных отложений, глубина сезонного оттаивания поверхности и др.).

Широкое распространение в рельефе массива поверхностей выравнивания способствует увеличению мозаичности ландшафтной структуры, то есть уменьшению с высотой температуры воздуха играет в высокогорьях относительно меньшую роль, чем геоморфологические факторы.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант 12-05-00588-а.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Волькенштейн, М.В.* Энтропия и информация. – М.: Наука, 2006. 193 с.
2. *Ганюшкин, Д.А.* Горные геосистемы внутриконтинентальных регионов Азии – структура и современная динамика / *Д.А. Ганюшкин, К.В. Чистяков* // Вопросы географии // Моск. филиал ГО СССР / Русское геогр. общество, Сб. 137: Горные исследования. Горные регионы северной Евразии. Развитие в условиях глобальных изменений / Отв. ред. *В.М. Котляков, Ю.П. Баденков, К.В. Чистяков*. – М.: Издательский дом Кодекс, 2014. С. 83-107.
3. *Дирксен, В.Г.* Растительность высокогорий массива Монгун-Тайга (Юго-Западная Тува) / *В.Г. Дирксен, М.А. Смирнова, К.В. Чистяков* // Вестник СПбГУ, сер. 7. 1997. Вып. 1 (№7). С. 12-28
4. *Москаленко, И.Г.* Современное оледенение массива Монгун-Тайга (Внутренняя Азия) и ороклиматические условия его существования / *И.Г. Москаленко, С.А. Новиков, Ю.П. Селиверстов*. – М.: МГИ, 1997. С. 33-42.
5. *Москаленко, И.Г.* Горный массив Монгун-Тайга (Внутренняя Азия). Опыт эколого-географической характеристики / *И.Г. Москаленко, Ю.П. Селиверстов, К.В. Чистяков*. – СПб.: изд-во РГО, 1993. 94 с.
6. *Седельников, В.П.* Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск, Сибирское отделение, Наука, 1987. 221 с.
7. *Чистяков, К.В.* Горный массив Монгун-Тайга / *К.В. Чистяков, Д.А. Ганюшкин, И.Г. Москаленко* и др. – СПб: «Арт-Экспресс», 2012. 310 с.

8. Чистяков, К.В. Оценка реакции ландшафтных структур горных территорий Алтая и Саян на изменения климата / К.В. Чистяков, Е.С. Зелепукина, С.А. Гаврилкина // Вопросы географии / Моск. филиал ГО СССР / Русское геогр. общество, Сб. 137: Горные исследования. Горные регионы северной Евразии. Развитие в условиях глобальных изменений / Отв. ред. В.М. Котляков, Ю.П. Баденков, К.В. Чистяков. – М.: Издательский дом Кодекс, 2014, С. 315-332.
9. Чистяков, К.В. Горы и люди: изменения ландшафтов и этносы внутриконтинентальных гор России: Коллективная монография / К.В. Чистяков, Н.В. Каледина, И.Г. Москаленко и др., под ред. К.В.Чистякова, Н.В. Каледина. – СПб., 2010. 439 с.
10. United States Geological Survey (Геологическая служба США), цифровая модель Aster Global DEM. URL: <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> (дата обращения 04.01.2014)

## THE ALTITUDINAL LANDSCAPES STRUCTURE OF MONGUN-TAIGA HIGHLAND MASSIF

© 2014 S.A. Gavrilkina, E.S. Zelepukina, A.I. Reznikov, K.V. Chistyakov

St. Petersburg State University

Article is devoted to the analysis of altitudinal landscapes structure of Mongun-Taiga highland massif. Isolation and morphological features of the massif promote formation of specific type of altitudinal zonality, namely – to combination of mountain-tundra, mountain meadow and mountain-steppe geosystem at one hypsometric levels. Detailed inspection of massif landscapes allowed to reveal regularities and features of their distribution, and also on the basis of climatic characteristics calculated values to estimate ecological-climatic conditions, the reference for different types of geosystems. Results of such analysis will allow to simulate potential reactions of landscape structure to climate changes.

Key words: *mountain massif, landscape structure, altitudinal zone, geosystem, exposition, vegetable communities, specific variety, location, occurrence*

---

Svetlana Gavrilkina, Post-graduate Student. E-mail: [svetilnic@mail.ru](mailto:svetilnic@mail.ru)

Elena Zelepukina, Candidate of Geography, Senior Lecturer at the Department of Physical Geography and Landscape Planning. E-mail: [gazelkin2@mail.ru](mailto:gazelkin2@mail.ru)

Andrey Reznikov, Candidate of Geography, Senior Lecturer at the Department of Physical Geography and Landscape Planning. E-mail: [ar1725-2@mail.ru](mailto:ar1725-2@mail.ru)

Kirill Chistyakov, Doctor of Geography, Professor at the Department of Physical Geography and Landscape Planning. E-mail: [kirill.chistyakov@gmail.com](mailto:kirill.chistyakov@gmail.com)