

REVIEW ARTICLE

УДК 574

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ МЕСТНОСТИ, ЭКСПОЗИЦИИ И КРУТИЗНЫ СКЛОНА НА ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТЕНИЙ

Соколова Г.Г.

*Алтайский государственный университет*Email: sokolovagg@email.asu.ru

Статья представляет собой аналитический обзор литературы, рассматривающей влияние рельефа на пространственное распределение отдельных растений и растительных сообществ. Рельеф – это экологический фактор, оказывающий косвенное влияние на растительный покров за счет перераспределения тепла, света и влаги. Автором выделены экологически значимые элементы рельефа – высота местности над уровнем моря, экспозиция склона и крутизна склона.

Подробно рассматривается влияние высоты местности над уровнем моря на разных формах рельефа – макрорельефе, мезорельефе, микрорельефе. Отмечено, что в горных системах растительность несравненно богаче и разнообразнее растительности равнин, что обусловлено большим разнообразием почвенно-климатических условий в горах. Высота отдельных поясов и набор видов растений в них зависят от широты, на которой расположены горы.

Мезорельеф и микрорельеф оказывают влияние на перераспределение тепла и влаги, а также питательных веществ в почве. Для таких форм рельефа изменение растительного покрова с высотой выражено очень слабо. В условиях мезо- и микрорельефа происходит увеличение колебания температур, интенсивности заморозков, длительности безморозного периода, что в основном влияет на развитие растений, их численность и особенности пространственного распределения.

От экспозиции склона зависят уровень радиации, зимнее распределение снега и скорость ветра. На склонах разных экспозиций наблюдаются закономерные изменения температуры воздуха и почвы, степени прогревания почвы. Экспозиции склонов имеют большое значение для прохождения жизненного цикла растений. Влияние различной экспозиции склонов отражается на составе растительности на всех формах рельефа, причем разница между растительностью иногда сопоставима с зональными различиями местностей. Различия в нагревании почвы на склонах различных экспозиций сказываются на распределении температуры воздуха, что отражается на характере растительности, составе флоры, динамике развития и морфологии растений.

От крутизны склона зависит температура почвы и приземного слоя воздуха, толщина снежного покрова, величина суточной амплитуды температуры, мощность почвенного профиля, интенсивность эрозии. Крутизна склона влияет на видовой состав и структуру фитоценозов, появление петрофильных видов кустарников, полукустарничков и травянистых растений, формирование эколого-генетических и высотно-поясных рядов растительных сообществ.

Ключевые слова: экологические факторы, характер рельефа, высота местности, крутизна склона, экспозиция склона, пространственное распределение, растения, растительные сообщества.

THE INFLUENCE OF TERRAIN ALTITUDE, SLOPE EXPOSURE AND SLOPE DEGREE ON PLANT SPATIAL DISTRIBUTION

Sokolova G.G.

*Altai State University*Email: sokolovagg@email.asu.ru

Article represents the state-of-the-art review of the literature considering influence of a relief on a spatial distribution of separate plants and vegetable communities. The relief is the ecological factor exerting indirect impact on a vegetable cover due to redistribution of heat, light and moisture. The author allocated ecologically significant elements of a relief – district height above sea level, an exposition of a slope and the steepness of a slope.

Explicitly influence of height of the district above sea level on different forms of a relief – a macrorelief, a mesorelief, and a microrelief are considered. It is noted that in mountain systems vegetation it is more rich and more various than vegetation of plains that is caused by large variety of soil climatic conditions in mountains. Height of separate belts and a set of species of plants in them depend on the mountains latitude. Fluctuation of temperature gradient concerning the heights, seasons, and slopes of different exposition is very large.

The mesorelief and microrelief caused the redistribution of heat and moisture, and also nutrients in the soil. For such forms of a relief the altitude change of a vegetable cover is extremely poor. In the conditions of meso - and a microrelief there is an increase in fluctuation of temperatures, intensity of frosts, duration of the frost-free period that generally influences the development of plants, their abundance and spatial distribution.

Radiation level, winter distribution of snow and speed of wind depend on slope exposure. On slopes of different exposures some natural changes of air and soil temperature are observed. Exposure of slopes are of great importance for the life cycle of plants. Influence of various slope exposures is reflected in structure of vegetation on all the forms of a relief. Distinctions in soil temperatures on the slopes with various exposures also affect air temperature that is reflected in character of vegetation, structure of flora, dynamics of vegetation development and morphology of plants.

Temperature of the soil and ground air layer, thickness of snow cover, size of daily amplitude of temperature, power of a soil profile, intensity of an erosion depends on the degree of slope. The degree of slope influences the specific structure and structure of phytocoenosis, emergence the petrophyllous bush species, semi-low shrubs and grassy plants, formation of ecological, genetic and altitudinal zones of vegetable communities.

Keywords: ecological factors, terrain structure, local altitude, degree of slope, slope exposure, spatial distribution, plants, vegetable communities.

Следует цитировать / Citation:

Соколова Г.Г. (2016). Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений. *Acta Biologica Sibirica*, 2 (3), 34–45.

Sokolova G.G. (2016). The influence of terrain altitude, slope exposure and slope degree on plant spatial distribution. *Acta Biologica Sibirica*, 2 (3), 34–45.

Поступило в редакцию / Submitted: 21.06.2016

Принято к публикации / Accepted: 11.08.2016

crossref <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v2i3.1453>

© Соколова, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License

Рельеф принадлежит к косвенным орографическим экологическим факторам. Характер рельефа и его местоположение оказывают большое влияние на растения и растительные сообщества, т.к. рельеф часто обуславливает сочетание прямодействующих абиотических факторов и перераспределяет то количество тепла, влаги, света, которые являются зональными, то есть зависят от широтного положения местности (Горышина, 1979). Среди элементов рельефа экологически наиболее значимыми являются высота местности над уровнем моря, экспозиция и крутизна склона (Фридланд, 1983; Соколова, Куйбышева, 1989).

Высоты местности над уровнем моря

Степень воздействия рельефа определяется мощностью его развития. Различают три формы рельефа (Одум, 1975): макрорельеф (высокие горы), мезорельеф (расчлененные возвышенности, террасы в пойме рек и др. элементы) и микрорельеф (незначительные повышения, например, западины в степи, кочки на сфагновом болоте, холмики, образующиеся в степи действием роющих животных).

Макрорельеф. Растительность горных систем несравненно богаче и разнообразнее растительности равнин, что обусловлено большим разнообразием почвенно-климатических условий в горах. В горах выделяют три высотных пояса, которые закономерно сменяют друг друга с высотой: а) *нижний пояс* (имеет растительность, сходную с растительностью окружающих горы равнин); б) *горный пояс* (более холодный и влажный, с более гигрофитной растительностью, сходной с растительностью низин, расположенных севернее); в) *альпийский пояс* (холодный, с растительностью, резко отличающейся по облику от растительности низин и имеющей своеобразный внешний облик, сходный с арктическими полярными типами растительности).

Высота отдельных поясов и набор видов растений в них зависят от широты, на которой расположены горы. Среди причин, вызывающих поясность в горах, К.В. Станюкович (1973) ставит на первое место температуру. Колебание градиента температуры по высотам, по сезонам, на склонах разной экспозиции и в разных условиях очень велико. В среднем падение температуры с возрастанием абсолютной высоты на 100 м происходит довольно единообразно и равно 0,5°C, но на северных склонах падение температуры происходит медленнее, чем на южных (Берг, 1938). Каждые 100 м высоты в горах эквивалентны 1 градусу широты. Так, в экваториальном поясе климат на высоте 1000 м над уровнем моря эквивалентен климату, который находится в 10 градусах широты в сторону от экватора.

В нижней части гор произрастают макротермы, затем их сменяют мезотермы, выше располагаются микротермы, на вершинах гор – криофиты. Вся растительность в горах распределяется в строго поясном порядке. Под поясом растительности понимается более или менее широкая и однообразная горизонтальная полоса растительности в горах, составленная из одного типа растительности или закономерно чередующихся нескольких типов (Станюкович, 1955; Одум, 1975; Двораковский, 1983 и др.). В горах с влажным климатом, особенно на севере, пояса имеют симметричное расположение, распространяясь на всех экспозициях на определенных абсолютных

высотах. В южных зонах в районах с сухим или умеренно влажным климатом обычно характерно несимметричное расположение поясов на разных экспозициях.

Ширина поясов растительности различна и зависит от многих причин. Узкая, иногда прерывистая горизонтальная полоса из одного или закономерно чередующихся нескольких типов растительности, называется полосой растительности (Станюкович, 1955). В разных зонах даже при одинаковом увлажнении с изменением широты местности типы растительности меняются. Например, в береговой тихоокеанской группе типов растительности в горах выделяют следующие пояса: 1) узенькая полоса лиственничков, часто отсутствующая; 2) широкий пояс каменно-березняков; 3) широкий пояс кедрового стланика и ольхи Максимовича; 4) тундрово-луговой пояс. В островной атлантической группе типов растительности в горах выделяют такие пояса, как: 1) узкая прерывистая полоса березового криволесья с участием других лиственничных пород в комплексе с лугами; 2) широкий пояс лугов верещатников и тундр; 3) пояс низкотравных лугов и тундр (Станюкович, 1973). Для центрально-алтайской группы типов растительности характерны: 1) пояс степей; 2) пояс лиственных лесов; 3) пояс темнохвойных лесов; 4) пояс среднетравных лугов стлаников и ерников; 5) пояс тундр и низкотравных лугов и т. д. (Куминова, 1960).

Мезорельеф в основном влияет на распределение влаги и питательных веществ в почве. Для таких форм рельефа изменение растительного покрова с высотой выражено очень слабо. В отличие от вертикальной поясности в горах для возвышенностей выделяют явление «вертикальной дифференциации», причиной которого служит не столько положение над уровнем моря, сколько геоморфологические факторы (расчлененность рельефа) и связанное с ними изменение почвенно-гидрологических условий (Станюкович, 1973). Влияние мезорельефа может быть сопоставимо с влиянием материнских пород на режим элементов питания и с влиянием удобрений на урожай культур (Липкина, 1987).

Основное значение элементов мезорельефа состоит в перераспределении зональных экологических факторов. Сочетание различных форм мезорельефа может изменить зональные климатические и почвенные факторы. Влияние мезорельефа на сочетание экологических факторов особенно резко проявляется там, эти факторы близки к минимуму. Например, в южных областях с сухим климатом рельеф существенно влияет на распределение влаги для растений. Скопление снега и талых вод в отрицательных элементах рельефа (оврагах и балках) делает возможным произрастание овражных лесов в безлесной степи. На плоской равнине лесостепи Западной Сибири в незначительных по высоте замкнутых понижениях влажность почвы настолько значительна, что там может расти древесная растительность в виде лесных колков. В ковыльных степях широкие понижения (поды) весной собирают талые воды, что обеспечивает более мезофильный состав степного травостоя. Напротив, слегка возвышенные участки степи заняты более ксерофильными растительными группировками (Культиасов, 1982).

Мезорельеф оказывает большое влияние на распределение климатических элементов (температура, осадки) в пределах небольших территорий, что способствует формированию там специфических микроклиматических условий. Гидротермический режим почв тесно связан с микроклиматом, а отсюда и большое влияние микроклимата на растительность. Хорошо известна такая закономерность, как значительно более высокая температура на повышенных участках по сравнению с понижениями в вечернее время летом (Дажо, 1975). В низинах нередко в летнее время наблюдаются заморозки вследствие застаивания здесь холодного воздуха, что не характерно для повышенных мест. Заморозки в долинах на 1–2°C сильнее и случаются чаще, чем на открытых ровных пространствах; на вершинах холмов и верхней части склонов они на 2°C слабее. В котловинах и долинах дольше лежит снег, стремительнее и ниже падение температур после захода солнца. В большие морозы здесь на несколько градусов холоднее, чем на вершинах. Наиболее теплые места обычно находятся посередине склона, в среднем выше 20 м от подножия. Благодаря тому, что микроклимат в таких местах более теплый, чем в долинах и на вершине, их часто называют термическими поясами (Гольцберг, 1967).

В горных районах вследствие термической неоднородности вдоль склона и разности температур в приземном слое над склоном и в свободной атмосфере на той же высоте возникают местные циркуляции. Воздействие холмистого рельефа на ветер наиболее четко прослеживается при антициклонических условиях погоды и небольших скоростях основного потока. Ночью в холмистом рельефе с вершины и склонов воздух стекает вниз под влиянием силы тяжести и получает дополнительное ускорение за счет горизонтальной термической неоднородности склон–атмосфера. На смену стекающему охлажденному воздуху из атмосферы поступает более теплый воздух. Прямым следствием такого процесса является возникновение или усиление термической неоднородности вдоль склона: температура убывает от вершины и верхних частей склона вниз. По мере уменьшения крутизны склона условия для стока охлаждающегося воздуха ухудшаются, а у подножия склона и, особенно, в бессточных отрицательных формах рельефа, где стока уже нет, происходит скопление

холодного воздуха. Таким образом, в условиях мезо- и микрорельефа создается местная циркуляция по типу горно-долинной. При отсутствии склоновых ветров разности температуры вдоль склона малы и редко превышают $0,5^{\circ}\text{C}$, при наличии склоновых ветров эти различия возрастают в среднем до $4-5^{\circ}\text{C}$, а в отдельных случаях до $8-12^{\circ}\text{C}$ (Пикин, 2005).

В теплое время года в нижних частях вогнутых форм рельефа приход воды выше по сравнению с вершинами и верхними частями склонов за счет воды, поступающей с вышележащих участков. Сходные явления перераспределения осадков в зимнее время возникают в результате переносов снега метелями и поземками. Зимой в пониженных формах рельефа, как правило, происходит скопление снега за счет сдувания его с возвышенных мест (Пикин, 2005).

Например, при изучении водораздела Общесыртовской возвышенности, выявлено, что запасы влаги в метровом слое черноземов весной на северных склонах составляли 253 мм на приводораздельной части склона, 262 мм – на верхних частях склонов, 285 мм – на нижних частях склонов. На южном склоне весенние влагозапасы составили 243 мм в черноземах приводораздельной части склона, 233 мм – в почвах верхней части склона и 231 мм – у его подошвы. Разница температур на поверхности почв между частями склонов в отдельные летние дни достигала 9 градусов ($27-36^{\circ}\text{C}$) с выраженной тенденцией к понижению при движении вниз по профилю склона (Русанов, Коваль, 2006). Закономерно изменялась и естественная растительность склонового ландшафта с ковыльной (ксерофитной) на вершине до типчаково-разнотравной (мезоксерофитной) с хорошо развитым кустарниковым ярусом у подошвы. Биологическая продуктивность фитоценозов при этом возрастала с $93,4$ ц/га на приводораздельной части склона до $136,3$ на нижней, а общее проективное покрытие травостоя – с $65-70$ до $85-90\%$ (Русанов, Коваль, 2006).

Большое значение расположение на склоне имеет для садоводства. Верхняя часть возвышенности более сухая, чем нижняя. Яблони, расположенные на нижней части склона, часто страдают из-за неблагоприятных условий выращивания (поздние весенние заморозки, сокращение безморозного периода на $25-40$ дней, более низкие зимние температуры) (Яблоков, 1962).

Микрорельеф. Увеличение колебаний температуры в вогнутых формах рельефа и ее уменьшение на вершинах холмов четко проявляются не только в условиях макро- и мезорельефа, но и микрорельефа. Особенно велики различия в минимальных температурах и длительности безморозного периода (Одум, 1975). Интенсивность заморозков также находится в сильной зависимости от формы рельефа. Это влияние проявляется даже при самых малых разностях высот. Разницы температур почвы и прилегающих слоев воздуха на грядках и между грядками могут достигать нескольких градусов.

Экспозиция склона

От экспозиции склона зависят уровень радиации, зимнее распределение снега и скорость ветра (Isard, 1986; Zhangetal., 2002), влияющие на распределение видов растений в высокогорьях. Экспозиции склонов, как местообитание растений, имеют большое значение для прохождения жизненного цикла растений. Влияние различной экспозиции отражается на составе растительности не только в случае крупных и средних элементов рельефа; оно хорошо заметно и на небольших повышениях и валунах, т. е. на микрорельефе. Приход солнечной радиации на склоны северной и южной экспозиции сильно отличается в результате разного угла падения солнечных лучей, что способствует различию всего комплекса факторов микроклимата. Такая разница между склонами вполне сопоставима с зональными различиями местностей, отстоящих друг от друга по широте на несколько градусов (Одум, 1975).

Были проведены исследования изменения температуры воздуха и почвы (Буторина, 1958; Щербаков, 1970), которые выявили, что они отличаются на разных склонах (большой частью на доли градуса, реже до 1°C). Наиболее высокие температуры почвы отмечаются на юго-западных склонах.

Чем влажнее местообитание, тем холоднее почва. Охлаждение почвы во влажные годы и во влажных местообитаниях начинается раньше и протекает медленнее, чем в сухие годы и в более сухих местообитаниях. Маломощная сухая почва на южном склоне оттаивает быстрее, чем влажная почва на северном склоне. Определенная закономерность наблюдается и в степени прогрева почвы: прогревание двадцатисантиметрового слоя почвы от 5 до 10°C длится в разных местообитаниях от двух недель до полутора месяцев (Буторина, 1958).

Различия в нагревании почвы на склонах различной экспозиции сказываются и на распределении температуры воздуха, что может отразиться на характере растительности. Разность температур на южных и северных склонах холмов в ясную погоду днем может достигать у земной поверхности несколько градусов, но на высоте 2 м она обычно составляет всего несколько десятых долей градуса. В пасмурную погоду различия в температуре на склонах сглаживаются (Пикин, 2005).

В пределах одного климатического пояса в условиях сложного горного рельефа склоны разной экспозиции имеют совершенно различный мезоклимат. При этом мезоклимат действует совместно с фитоклиматом. Например, если мезоклимат северного склона способствует формированию там

влажной пихтовой тайги, то густой полог и сплошной моховой покров тайги, в свою очередь, создают фитоклимат, усиливающий особенности северного склона – пониженную инсоляцию и большую влажность. Точно также разреженный полог и негустой покров сосняка-брусничника способствуют усилению характерных черт мезоклимата южного склона – интенсивному прогреву почвы и ее значительной сухости (Буторина, Крутовская, 1958).

На склонах балок разных экспозиций от интенсивности солнечной радиации зависят температуры почвы и приземного слоя воздуха. В связи с этим почва на южных склонах весной быстрее прогревается, но затем сильнее просыхает, а влажность воздуха снижается. В северных областях, где мало тепла, повышенные элементы рельефа более дренированы и более прогреты, особенно склоны южной экспозиции. В районах многолетне-мерзлых пород на таких элементах рельефа почва оттаивает на большую глубину. В тундре, на склонах южной экспозиции развиваются более теплолюбивые кустарничковые группировки; по склонам на север проникают фрагменты более южных типов растительности (Сочава, 1956).

Закономерности влияния склонов разной экспозиции на растительный покров отражены в «правиле предварения» В. В. Алехина (1986): «Плакорный вид или плакорная растительность предваряется на юге или на севере в соответствующих условиях местообитания». То есть растительность южных склонов какой-либо территории содержит элементы более южных плакорных мест, а растительность северных склонов – элементы более северных плакорных мест (Алехин, 1986).

Наглядный пример влияния мезорельефа на комплекс экологических факторов и растительность представляет сопоставление заросших овражных склонов разной экспозиции в южной части лесостепной зоны (юг Башкирии, северо-запад Оренбургской области), где по растительности можно безошибочно определить экспозицию склона: северные и северо-западные заняты лесами, южные и юго-восточные – безлесные, остепненные (Миркин, 2002). В Московской области при зарастании песчаных откосов подрост ели и сосны, многие лесные травы и мхи предпочитают селиться на северном склоне, на котором вследствие этого формируется более богатый видовой состав.

Различия климатических факторов (интенсивности освещенности, влажности и температуры воздуха и почвы) на южных и северных склонах балок оказывают влияние на биоэкоморфологическую структуру растений, состав флоры, характер растительности, прохождение жизненного цикла (Isard, 1986; Голубев, 1971; Миркин, 2002;). Динамика развития растений на разно ориентированных склонах весной и в начале лета находится в соответствии с их радиационными условиями. Так, например, многими исследователями отмечается опережение развития растительности на южных склонах по сравнению со склонами других экспозиций (Галахов, 1962; Буторина, 1969; Щербаков, 1970; Кожевникова, 1981, Елагин 1976, 1980).

Самыми холодными и сырыми являются северные склоны, по поверхности которых солнечные лучи скользят, слабо прогревая почву и воздух и незначительно испаряя влагу. Южные склоны наиболее жаркие и сухие. Если склоны ориентированы на восток, то максимальная температура достигается утром, а если на запад – то вечером (Одум, 1975; Пикин, 2005).

Южные склоны, лучше прогреваемые, несут более теплолюбивую растительность. С другой стороны, значительную роль играет ориентированность склонов в сторону определенных ветров. Так, южные склоны Гиссарского хребта, ориентированные в сторону влажных воздушных масс, получают осадков в несколько раз больше северных и имеют в среднегорьях растительность лесного характера, а северные – в основном ксерофитно-степного типа в силу ограниченного количества осадков (Григорьева и др., 1940).

В горах по северному склону древесная растительность поднимается значительно выше, чем по южному. Так, в предгорьях влажных западных и северных районов Алтая преобладают луговые степи, сменяющиеся выше густыми темнохвойными лесами, которые лишь на самых высоких вершинах уступают место разнообразным субальпийским и альпийским лугам. В юго-восточном Алтае лесной пояс отсутствует. Сухие степи межгорных котловин с каштановыми почвами на высоте 2000–2200 м переходят в остепненные высокогорные луга или горную тундру. Сравнительно мало лесов и в южном Алтае (Куминова, 1960; Михайлов, 1961).

В Южном Забайкалье северные склоны заняты тайгой на горно-таежных почвах, а южные склоны – черноземными степями (Станюкович, 1955). В нижней части лесного пояса Тувинской области южные склоны заняты лугово-степной растительностью, а северные – тайгой (Смагин и др., 1980). На большинстве хребтов Средней Азии наблюдаются значительные различия в поясности склонов северной и южной экспозиции: неодинаковое высотное положение одноименных поясов, разное их развитие по вертикали, характер растительности, приобретающий на южных склонах более ксерофитные черты (Чухахин, 1964; Путешествие..., 1993).

Б.Ф. Петров (1952) выделил циклонические (океанические) и континентальные варианты структуры высотной поясности. Первые из них свойственны влажным западным склонам, вторые –

более сухим районам восточных склонов гор. Для континентальных районов типична резкая разница теплового режима и ландшафтов склонов южной и северной экспозиции. Здесь нередко на одной и той же высоте на южном склоне хребта преобладают степные и лугово-степные участки с черноземными или черноземовидными почвами, а на более прохладном и влажном северном они сменяются густыми горнотаетными лесами на маломощных подзолистых почвах.

Роль экспозиции склонов резко возрастает в районах с сухим и континентальным климатом, где различия растительных сообществ на горных склонах наиболее отчетливы (Захарова, 1959; Станюкович, 1960). Северные склоны получают здесь за вегетационный период на 4 ккал меньше суммарной солнечной радиации, чем горизонтальная поверхность, и на 9 ккал меньше, чем южные склоны, испытывающим влияние сухого континентального воздуха, свободно проникающего из аридных областей (Логинов, 1959).

Склоны разной экспозиции играют различную роль в образовании снежного покрова. В высокогорьях период вегетации существенно зависит от положения сообщества в мезорельефе, которое определяет глубину снежного покрова и распространение растительных сообществ в горах (Рихтер, 1948; Billings, Bliss, 1959; Galen, Stanton, 1995). Действие этих факторов на растения проявляется не только в перераспределении осадков и характере инсоляции, но и в формировании почвенной неоднородности в содержании органических веществ и элементов минерального питания растений (Chujo, 1985; Гришина и др., 1993; Körner, 2003).

Состав, структура и продукция сообществ малоснежных обдуваемых гребней и склонов существенно отличается от участков со значительным снежным покровом. При таянии снега весной элементы минерального питания становятся доступными для растений, увеличивая их продуктивность по сравнению с сообществами, приуроченными к малоснежным участкам с глубоким зимним промерзанием почвы. С другой стороны, большое снегонакопление при прохладном лете в высокогорьях ведет к задержке вегетации и сокращению вегетационного периода, уменьшает продукцию растительных сообществ в таких местообитаниях, приводит к снижению их видового разнообразия (Яшина, 1960; Александрова, 1961; Bell, Bliss, 1979; Mayetal., 1982).

Хорошо прослеживается влияние снежного покрова на растительность в условиях горной тайги, где разница в распределении и мощности снега на склонах разной экспозиции равнозначна в географическом масштабе разнице в несколько градусов широты. Неустойчивый маломощный и сравнительно непродолжительный снежный покров создает суровые условия перезимовки растений, слабое увлажнение тальми водами. Но ранний сход снега, подвергая всходы опасности весенних заморозков, в тоже время способствует раннему прогреву почвы и позволяет растениям в этих местообитаниях полностью использовать для вегетации теплое время года (Рихтер, 1948).

Например, в заповеднике «Красные Столбы» для средней части юго-восточного склона, занятого сосняком-черничником, характерен короткий малоснежный период осенью, длительный и устойчивый многоснежный период при значительной мощности снежного покрова и более поздний, чем в предыдущем типе, период разорванного снежного покрова весной. Все это создает благоприятные условия для перезимовки всходов и обеспечивает достаточное увлажнение почвы тальми водами. Для средней части северного склона, занятого темнохвойной зеленомощной тайгой, характерен сравнительно короткий малоснежный период осенью, очень длительный и устойчивый многоснежный период, при большой мощности снежного покрова, крайне запоздалый и очень короткий период разорванного снежного покрова весной. Все это создает благоприятные условия для перезимовки всходов и обеспечивает повышенное увлажнение тальми водами, но поздний сход снега сокращает вегетационный период и значительно замедляет прогрев почвы (Крутовская, 1946; Буторина, Крутовская, 1958).

Особенности микроклимата на склонах разных экспозиций накладывают отпечаток на биоэкоморфологическую структуру растений. На южных склонах у растений раньше наблюдается начало вегетации, наступление очередных фенологических фаз, чем на северных склонах. На склонах южных экспозиций доминирующей биоэкоморфой являются растение-ксерофит. Экспозиция склонов оказывает также влияние на архитектуру некоторых растений, на их габитус. Например, растения *Astragalus dasyantus* Pall. на склонах южных экспозиций более приземистые и приобретают форму развалистого куста, а на северных склонах имеют более прямостоячую форму; листья их на концах загнуты вверх, что придает такому растению форму чаши (Миркин, 2002).

В среднегорной полосе Северного Урала на территории заповедника «Денежкин Камень» на склонах балок северных экспозиций у ксерофитных растений увеличивается рост, удлиняется период вегетации на 3–7 суток, что связано с более благоприятным температурным и водным режимами (Янцер, 2005).

Растительные сообщества, расположенные на южных мезосклонах западного Тянь-Шаня, отличаются полнотой насаждений, флористическим составом травяного яруса и различной ролью в их

сложении основных лесообразующих пород (Ульянова, Баландин, 1987). Разреженность насаждений на южных склонах является прямым следствием не только специфики ороклиматических условий, но и характерных морфолого-биологических и эколого-фитоценологических свойств самих растений. Деревья нередко приобретают искривленную, низкорослую форму, часто с многочисленными стволами, с глубоко укореняющейся корневой системой. Характерно, что деревья рода *Juglansregia*, достигающие на северном склоне высоты 20–25 м, на склонах южной экспозиции становятся низкорослыми и к 50 годам жизни не превышают 6–8 метров в высоту. Это в равной степени относится и ко всем древесным породам (Ульянова, Баландин, 1987).

Ориентированность склона влияет и на прирост биомассы растений и содержание в ней макроэлементов (Голубев, 1971; Княжнева, 2004). Развитие плодовых растений также происходит быстрее на 1–2 недели на южном склоне по сравнению с произрастающими на северном склоне. Здесь улучшается вызревание плодов яблони и груши осеннего и зимнего срока потребления, требующих для своего развития большого количества суммы активных температур. Он выгоден и для выращивания ранних овощей: редиса, салата, лука на перо. Также здесь хорошо растут теплолюбивые овощи: помидоры, кабачки, фасоль и т.д. (Яблоков, 1962).

Крутизна склона

От крутизны склона зависит изменение температуры, так как меняется угол падения солнечных лучей. Чем круче склон, тем большему нагреванию он подвергается. На крутых южных склонах зимой не задерживается снежный покров, а весной они раньше прогреваются солнцем. Летом нагрев слабо задернованной почвы доходит до 60–70°C, и влага, получающаяся исключительно за счет атмосферных осадков, быстро скатывается по склону или испаряется с его поверхности.

На пологих южных склонах за период вегетации сумма температур на 1200°C, на крутых на 300–3500°C больше, чем на ровных местностях, продолжительность безморозного периода на склонах значительно увеличивается (до 20 дней).

Угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность определяется при расчетах по широте той местности, где находится данный склон. Каждый градус южного склона как бы перемещает это место на 10 градусов географической широты к югу и, наоборот, каждый градус северного склона – к северу. Конечно, влияние крутизны склона не столь прямолинейно соответствует влиянию географической широты, т.к. свое воздействие на температуру оказывают смежные со скатом местности. Например, равнины понижают его температуру. Но все равно такая зависимость существует, и она показывает, что даже малозаметный склон оказывает воздействие на растительность, потому что склоны больше нагреваются солнцем, чем горизонтальная поверхность, особенно в летнее время (Мандельштам, 1966; Шербаков, 1970; Антифеев, 1978).

Южные склоны характеризуются более значительной суточной амплитудой температуры, что связано в большей степени с дневным прогреванием, чем с ночным охлаждением. Высокие температурные контрасты определяют более интенсивное протекание на южных склонах температурного выветривания. В результате, южные склоны характеризуются, как правило, более грубообломочными отложениями, чем все остальные, и на них широко распространены растения-петрофиты (Рельеф..., 1988).

Крутизна склона поддерживается и сохраняется в связи с энергично идущими процессами физического выветривания. От положения в рельефе целиком зависит мощность почвенного профиля и тесно связанная с ней щебнистость. Для растительности имеет значение не столько богатство почвы элементами питания, сколько гидротермические условия местообитания, хорошо коррелирующие с мощностью почвенного профиля, который, в свою очередь, зависит от экспозиции и крутизны склона (Даждо, 1975; Митусов, 2001).

Например, в заповеднике «Красные Столбы» вершины гор и верхние части крутых склонов характеризуются маломощными почвами (меньше 20 см), щебнистыми по всему профилю. В нижних частях пологих и покатых склонов почвы закономерно становятся более глубокими, характеризуясь преобладанием щебня или хряща только в нижней части своего профиля. Наибольшая мощность (около 100 см) свойственна нижним частям пологих склонов.

Таким образом, в зависимости от крутизны и экспозиции склона меняется интенсивность эрозии, а, соответственно, и характер склонов гор. Он может быть представлен скалами, почти недоступными для поселения растений, движущимися крупнообломочными осыпями или «курумниками», лишенными мелкозема и пропускающими влагу. Субстратом для поселения растений могут являться остановленные или останавливающиеся осыпи или каменистые склоны, на которых растительность уже может хорошо формироваться (Горышина, 1979).

Крутизна склона влияет на распределение растительности, приводит к тому, что в составе растительности во множестве находятся петрофильные формы кустарников, полукустарничков и травянистых растений (Захарова, 1959).

В лесостепных районах для склонов южной экспозиции характерно развитие сложных степных сообществ, связанных между собою в эрозионные эколого-генетические ряды, образующие серии степных сообществ, порождаемые более интенсивными, чем на северных склонах, процессами эрозии и денудации (Коляго, 1961). Серии степных сообществ южных склонов отличаются участием многих ксеропетрофильных видов. На склонах северной экспозиции развиваются лесные формации, сообщества которых различны по экологии и типологическому составу. Леса северных склонов образуют определенные высотно-поясные ряды в пределах одной мезоформы рельефа (Буторина, 1958).

В зависимости от экспозиции горного склона, его крутизны и высоты над уровнем моря меняется видовой состав степей и их сложение. Так, проективное покрытие травостоя колеблется от 40–50% (на грубых щебенчатых почвах крутых склонов) до 80–100% (в условиях мелкоземистых почв горных долин, плато и пологих склонов). Соответственно изменяются высота, ярусность и продуктивность травостоя (Средняя Азия, 1968).

Чрезвычайно важную роль в распределении растительного покрова играет ветер. Верхние границы леса всегда ниже на наветренных склонах, и выше на подветренных. Ветры перераспределяют снеговой покров, что очень важно для расположения различных поясов растительности. Так, вершины плоских сибирских сопкок покрыты тундрами, так как с них снег сдувается ветром. Горы этих же районов с альпийским рельефом (Баргузинский хребет), где имеются скопления снега, защищающие почву от промерзания, покрыты альпийскими лугами.

Для горных территорий характерны свои специфические виды ветров, дующих в разные сезоны и в разные часы дня в определенных направлениях: например, горно-долинные ветры, ветры склонов, компенсационные ветры и т. п. Все эти ветры оказывают свое воздействие на растительность (Станюкович, 1960). Причиной возникновения ветров, перемещающихся по склонам, является быстрое нагревание и остывание земли в безоблачные дни и ночи. Более прохладный воздух, будучи тяжелее, перемещается вниз. В больших долинах местные ветра следуют суточному циклу (вверх по склону днем и вниз ночью). Скорость ветра увеличивается с наветренной стороны возвышенностей, а также при движении вверх по склону, и уменьшается с подветренной и при движении вниз по склону (Чухахин, 1964).

Большое влияние на формирование растительной поясности оказывает простирание горного хребта по отношению к влажным воздушным течениям. Наглядным примером могут служить юго-западный склон Ферганского хребта и юго-восточный склон Чаткальского хребта, расположенных перпендикулярно друг к другу в их северных частях. На Ферганском хребте нижняя граница леса, где выпадает около 640 мм осадков в год, происходит на высоте 1200 м. На Чаткальском хребте, параллельном направлению влажных юго-западных ветров, нижняя граница леса, на которую приходится около 600 мм осадков в год, проходит на 300 м выше (Чухахин, 1964).

Уральский хребет, разграничивающий Европу и Сибирь, имеет совершенно различную растительность на наветренных (западных) и на подветренных (восточных) склонах (Гребенщиков, 1957). Многие долины в Тянь-Шане и Памиро-Алтае, обращенные своей устьевой частью к западным ветрам, представляют собой ловушки, в верхней части которых заходящие воздушные массы вынуждены сбросить большое количество осадков, от чего меняется и видовой состав растений. Рельеф перераспределяет влагу, поэтому растительность по верху, средней и нижней части склона находится в совершенно разных условиях увлажнения (Станюкович, 1977).

Рельеф ведет к перераспределению снега, к дифференциации минерального питания, к той или иной интенсивности эрозии склонов. От степени наклона зависит быстрота и интенсивность процессов эрозии, создание и разрушение почв, создание и разрушение растительных фитоценозов. Влияние крутизны склона на условия жизни растений сказывается через особенности почвенной среды, водного и температурного режима. Сильный сток воды и смыв почвы с крутых склонов создают трудные условия для поселения растений. Преимущество здесь имеют виды литофильного характера с глубокой и цепкой корневой системой, экономно расходующие воду. На склонах с более мягким грунтом хорошо закрепляются растения пионеры с поверхностной и разветвленной корневой системой (Ларионов, 1972; Горышина, 1979).

Таким образом, травянистый покров неоднороден по высоте и составу в зависимости от расположения в рельефе. На распределении растений оказывает влияние крутизна и детали экспозиции склонов, степень развития почвенного мелкозема, петрографический состав горных пород и расположение участка в определенном ботанико-географическом районе.

Рельеф является важным косвенным фактором пространственной дифференциации растительных комплексов. Основным формированием природных комплексов являются прямо действующие экологические факторы, прежде всего температура, влажность и свет. Роль рельефа сводится главным образом к перераспределению в пространстве интенсивности влияния этих факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова Л.И. Экология растений и фитоценология. – М.: МГУ, 1988. – 77 с.
- Александрова В. Д. Влияние снежного покрова на растительность в арктической тундре / Роль снежного покрова в природных процессах. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 435 с.
- Алехин В.В. Теоретические проблемы фитоценологии и степеведения – М.:Изд-во Московского университета, 1986. – 216 с.
- Антюфеев В.В. Динамика продуктивности лугово-степных сообществ крымской яйлы в связи с изменчивостью солнечной радиации / Закономерности развития органического мира. – Минск: Наука и техника, 1978. – С. 5.
- Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза. – М.: Географгиз, 1938. – 297 с.
- Буторина Т. Н. Основные закономерности растительного покрова заповедника // Труды заповедника «Столбы». – Красноярск, 1958. – 387 с.
- Буторина Т.Н. Типы леса Восточного Саяна / Труды V научной конференции Томского университета. – Томск: ТГУ, 1969. – 234 с.
- Буторина Т.Н., Крутовская Е.А. О корреляции некоторых феноиндикаторов с температурой // Труды заповедника «Столбы». – Красноярск, 1958. – 387 с.
- Галахов Н.Н. Климат зоны травяных лесов и островов лесостепи Красноярского края / Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хоз-ва. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 5–26.
- Галахов В.П. Условия формирования и расчет максимальных снегозапасов в горах (по результатам исследований на Алтае). – Новосибирск: Наука, 2003. – 106 с.
- Гольцберг И.А. Микроклимат СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 286 с.
- Горышина Т. К. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.
- Голубев В.Н. О сопряженности продуктивности нагорной луговой степи крымской яйлы с некоторыми элементами экологического режима // Бюлл. Гос. Никит. ботан. сада. 1971. – Вып. 2 (16). – С. 5–9.
- Гребенщиков О.С. Вертикальная поясность растительности в горах восточной части Западной Европы // Биологический журнал, 1957. – Т. 42. – №6. – С. 13–15.
- Григорьева Ю.С., Королева А.С., Никитин В.Л. Очерк растительности западной части южных склонов Гиссарского хребта. – Душанбе: Изд-во АН СССР, 1940. – Т. 2 – 245 с.
- Гришина Л.А., Онопченко В.Г., Макаров М.И., Ванясин В.А. Изменчивость свойств горно-луговых альпийских почв северо-западного Кавказа в различных экологических условиях // Почвоведение, 1993. – № 3. – С. 5–12.
- Даждо Р. Основы экологии. – М.: Изд-во Прогресс, 1975. – 526 с.
- Двораковский М.С. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 190 с.
- Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов. – Новосибирск.: Наука, 1976. – 230 с.
- Елагин И.Н. Фенология лесов Красноярской лесостепи / Динамика лесных биогеоценозов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1980. – 174 с.
- Захарова А. Ф. Радиационный режим северных и южных склонов в зависимости от географической широты // Уч. зап. ЛГУ, 1959. – 269 с.
- Кожевникова Л.И. К фенологии степных склонов / Научн. зап. Воронежского отд. Всесоюзн. ботан. об-ва. – М.: Изд-во АН СССР, 1964. – С. 49–53.
- Коляго С. А. Почвы заповедника «Столбы» // Труды заповедника «Столбы». – Красноярск, 1961. – 156 с.
- Крутовская Е.А., Буторина Т.Н. Сезонное развитие природы горной тайги // Труды заповедника «Столбы». – Красноярск, 1958. – 324 с.
- Крутовская Е. А. Снежный покров в заповеднике «Столбы» / Летопись природы заповедника – Красноярск, 1946. – 524 с.
- Культиасов И.М. Экология растений. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 318 с.
- Куминова А.В. Растительный покров Алтая. – Новосибирск: Изд-во АН СССР, 1960. – 449 с.
- Княжева Е.В. Агроэкологическая характеристика неоднородности плодородия почвенного покрова в условиях правобережной лесостепи Среднего Поволжья. – Дисс....к. с/х. н. – Москва, 2001. – 186 с.
- Ларионов А.Г. Влияние крутизны склонов на впитывание воды в почву // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во АН СССР, 1972. – С. 142-155.
- Липкина Г.С. Почвообразование под лесом и на пашне в различных условиях рельефа // Почвоведение. – М.: Изд-во АН СССР, 1987. – №3. – С. 82-93.
- Логинов В.Я. Горный Алтай // Природа, 1959. – №10. – С. 35
- Мандельштам Н.Л. Инсоляция склонов различной экспозиции и крутизны в условиях Саратовской области // Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья. – Саратов: Изд-во СГУ, 1966. – С. 122-130.
- Миркин Б.М. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2002. – 406 с.

- Митусов А.В. Роль рельефа в формировании плодородия почв биогеоценозов лесостепной зоны. – М.: Изд-во АН СССР, 2001. – 141 с.
- Михайлов Н.И. Горы Южной Сибири. – М.: Госуд. изд-во географ. лит-ры, 1961. – 238 с.
- Одум Ю. Основы экологии. – М.: Изд-во Мир, 1975. – 738 с.
- Петров Б.Ф. Почвы Алтайско-Саянской области. – Новосибирск: Изд-во АН СССР, 1952. – 456 с.
- Пикин С.Ф. Гравитационно-кинетическая модель рельефа. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2005. – 380 с.
- Путешествие по Алтайским горам и Джунгарской Киргизской степи. – Новосибирск: Наука, 1993. – 415 с.
- Рельеф Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1988. – 204 с.
- Рихтер Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. – М.: Изд-во АН СССР, 1948. – 245 с.
- Романов А.Н., Харламов С. В. Колыванский хребет. – Барнаул: Изд-во РЭМ, 2002. – 79 с.
- Русанов А.М. Влияние процессов эрозии на свойства почв и почвенный покров склонов подзоны южных черноземов Оренбуржья. Автореф. дисс.... к. с.-х. н. – М.: Наука, 1987. – 18 с.
- Смагин В.Н., Ильинская С.А. Типы лесов гор Южной Сибири. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1980. – 336 с.
- Сочава В. Б. Закономерности географии растительного покрова горных тундр СССР. – М.-Л.: Наука, 1956. – 397 с.
- Средняя Азия. – М.: Изд-во Наука, 1968. – 483 с.
- Станюкович К.В. В горах Памира и Тянь-Шаня. – М.: Мысль, 1977. – 256 с.
- Станюкович К.В. Основные типы поясности в горах СССР. – М.: Изд-во ВГО, 1955. – Т. 87. – 257 с.
- Станюкович К.В. Растительность высокогорий СССР. – Душанбе: изд-во Дониш, 1960. – 523 с.
- Станюкович К.В. Растительность гор СССР. – Душанбе: Изд-во Дониш, 1973. – 416 с.
- Ульянова Т.Ю., Баландин С.А. Структура фитомассы и химический состав деревьев и кустарников южных склонов пояса орехово-плодных лесов Западного Тянь-Шаня // *Herba: Moscow Electronic Botanical Journal* [Электронный ресурс]. – 1987. – Режим доступа: <http://herba.msu.ru/publications/5/index.html>
- Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. – М.: Наука, 1983. – 196 с.
- Чулахин В.М. Физическая география Тянь-Шаня. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1964. – 373 с.
- Щербаков Ю.А. Из опыта изучения роли экспозиции в ландшафтоведении // Влияние экспозиции на ландшафты. – М.: Изд-во АН СССР, 1970. – 399 с.
- Щербаков Ю.А. Поступление и отражение прямой солнечной радиации на неодинаково ориентированных склонах в разных условиях / Влияние экспозиции на ландшафты. – М.: Наука, 1970. – С. 100-133.
- Яблоков А. С. Селекция древесных пород. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 487 с.
- Янцер О.В. Весенние различия в развитии растительности на склонах различной соляной экспозиции // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 1. – С. 77–80.
- Яшина А.В. Роль снега в формировании растительного покрова // География снежного покрова. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 90–105.
- Bell K.L., Bliss L.C. Autecology of *Kobresiabellardii*. Why winter snow accumulation limits local distribution // *Ecol. Monogr.*, 1979. – V. 49. – P. 377–402.
- Billings W.D., Bliss L.C. An alpine snowbank environment and its effects on vegetation, plant development, and productivity // *Ecology*, 1959. – V. 40. – P. 388–397.
- Chujo H. Patterned ground and vegetation in the alpine area of mountain Ontake, central Japan // *Journal sciences Hiroshima university, Ser 2B*, 1985. – V. 19. – P. 171–236.
- Galen C., Stanton M.L. Responses of snowbed plant species to changes in growing-season length // *Ecology*, 1995. – V. 75. – P. 74.
- Isard S.A. Factor influencing soil moisture and plant community distribution on Niwot Ridge, Front Range, Colorado, USA // *Arctic and Alpine Research*, 1986. – V.18. – P. 83–96.
- Körner C. *Alpine Plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. – Berlin: Springer, 2003. – P. 47–62.
- May D.E., Webber P.J., May T.A. Success of transplanted alpine tundra plants on Niwot Ridge, Colorado // *Journal. Appl. Ecol.*, 1982. – V. 19. – P. 965–976.
- Zhang Y.Z., Zheng D., Yang Q.Y. *Physical geography in Tibet*. – Beijing: Science press, 2002. – 178 p.

REFERENCES

- Abramova, L.I. (1988). *Ekologiya rasteniy i fitotsenologiya*. Moscow: Moscow State University. (in Russian)
- Aleksandrova, V.D. (1961). *Vliyanie snezhnogo pokrova na rastitel'nost' v arkticheskoy tundre / Rol' snezhnogo pokrova v prirodnykh protsessakh*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)

- Alekhin, V.V. (1986). *Teoreticheskie problemy fitotsenologii i stepovedeniya*. Moscow: Moscow State University. (in Russian)
- Antyufeev, V.V. (1978). *Dinamika produktivnosti lugovo-stepnykh soobshchestv krymskoy yayly v svyazi s izmenchivost'yu solnechnoy radiatsii*. In: *Zakonomernosti razvitiya organicheskogo mira*. Minsk: Nauka i tekhnika. (in Russian)
- Bell K.L., Bliss L.C. (1979). Autecology of Kobresiabellardii. Why winter snow accumulation limits local distribution. *Ecol. Monogr.*, 49, 377–402.
- Berg, L.S. (1938). *Geograficheskie zony Sovetskogo Soyuza*. Moscow: Geografiz. (in Russian)
- Billings W.D., Bliss L.C. (1959). An alpine snowbank environment and its effects on vegetation, plant development, and productivity. *Ecology*, 40, 388–397.
- Butorina, T.N. (1958). Osnovnye zakonomernosti rastitel'nogo pokrova zapovednika. *Trudy zapovednika «Stolby»*. Krasnoyarsk. (in Russian)
- Butorina, T.N. (1969). *Tipy lesa Vostochnogo Sayana*. Proceed. V Sc. Conf. Tomsk University. Tomsk: Tomsk State University. (in Russian)
- Butorina, T.N., Krutovskaya, E.A. (1958). O korrelyatsii nekotorykh fenoindikatorov s temperaturoy. *Trudy zapovednika «Stolby»*. Krasnoyarsk. (in Russian)
- Chujo, H. (1985). Patterned ground and vegetation in the alpine area of mountain Ontake, central Japan. *Journal sciences Hiroshima university*, 19, 171–236.
- Chupakhin, V.M. (1964). *Fizicheskaya geografiya Tyan'-Shanya*. Alma-Ata: Kazakhstan Academy of Sciences. (in Russian)
- Fridland, V.M. (1983). *Struktura pochvennogo pokrova*. Moscow: Nauka. (in Russian)
- Galakhov, N.N. (1962). *Klimat zony travyanykh lesov i ostrovov lesostepi Krasnoyarskogo kraya*. In: Galakhov, V.P. (2003). *Usloviya formirovaniya i raschet maksimal'nykh snegozapasov v gorakh (po rezul'tatam issledovaniy na Altae)*. Novosibirsk: Nauka. (in Russian)
- Galen, C., Stanton, M.L. (1995). Responses of snowbed plant species to changes in growing-season length. *Ecology*, 75, 74.
- Gol'tsberg, I.A. (1967). *Mikroklimat SSSR*. Leningrad: Gidrometeoizdat. (in Russian)
- Goryshina, T.K. (1979). *Ekologiya rasteniy*. Moscow: Vysshaya shkola. (in Russian)
- Golubev, V.N. (1971). O sopryazhennosti produktivnosti nagornoy lugovoy stepi krymskoy yayly s nekotorymi elementami ekologicheskogo rezhima. *Byulletin Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada*, 2(16), 5–9. (in Russian)
- Grebenshchikov, O.S. (1957). Vertikal'naya poynasnost' rastitel'nosti v gorakh vostochnoy chasti Zapadnoy Evropy. *Biologicheskij zhurnal*, 42(6), 13–15. (in Russian)
- Grigor'eva, Yu.S., Koroleva, A.S., Nikitin, V.L. (1940). *Ocherk rastitel'nosti zapadnoy chasti yuzhnykh sklonov Gissarskogo khrebt*. Dushanbe: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Grishina, L.A., Onipchenko, V.G., Makarov, M.I., Vanyasin, V.A. (1993). Izmenchivost' svoystv gornolugovykh al'piyskikh pochv severo-zapadnogo Kavkaza v razlichnykh ekologicheskikh usloviyakh. *Pochvovedenie*, 3, 5–12. (in Russian)
- Dazho, R. (1975). *Osnovy ekologii*. Moscow: Progress. (in Russian)
- Dvorakovskiy, M.S. (1983). *Ekologiya rasteniy*. Moscow: Vysshaya shkola. (in Russian)
- Elagin, I.N. (1976). *Sezonnoe razvitie sosnovykh lesov*. Novosibirsk.: Nauka. (in Russian)
- Elagin, I.N. (1980). *Fenologiya lesov Krasnoyarskoy lesostepi*. In: *Dinamika lesnykh biogeotsenozov Sibiri*. Novosibirsk: Nauka. (in Russian)
- Isard, S.A. (1986). Factor influencing soil moisture and plant community distribution on Niwot Ridge, Front Range, Colorado, USA. *Arctic and Alpine Research*, 18, 83–96.
- Knyazhneva, E.V. (2001). *Agroekologicheskaya kharakteristika neodnorodnosti plodorodiya pochvennogo pokrova v usloviyakh pravoberezhnoy lesostepi Srednego Povolzh'ya*. Thesis of Doctoral Dissertation. Moscow. (in Russian)
- Kolyago, S.A. (1961). Pochvy zapovednika «Stolby». *Trudy zapovednika «Stolby»*. Krasnoyarsk (in Russian)
- Kozhevnikova, L.I. (1964). K fenologii stepnykh sklonov. *Nauchnye zapiski Voronezhskogo otdelenia Vsesoyuznogo botanicheskogo obshchestva*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Körner, C. (2003). *Alpine Plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Berlin: Springer.
- Krutovskaya, E.A., Butorina, T.N. (1958). Sezonnoe razvitie prirody gornoy taygi. *Trudy zapovednika «Stolby»*. Krasnoyarsk. (in Russian)
- Krutovskaya, E.A. (1946). Snezhnyy pokrov v zapovednike «Stolby». *Letopis' prirody zapovednika*. Krasnoyarsk. (in Russian)
- Kul'tiasov, I.M. (1982). *Ekologiya rasteniy*. Moscow: Moscow State University. (in Russian)
- Kuminova, A.V. (1960). *Rastitel'nyy pokrov Altaya*. Novosibirsk: USSR Academy of Sciences. (in Russian)

- Larionov, A.G. (1972). *Vliyanie krutizny sklonov na vpityvanie vody v pochvu*. In: Eroziya pochv i ruslovy protsessy. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Lipkina, G.S. (1987). Pochvoobrazovanie pod lesom i na pashne v razlichnykh usloviyakh rel'efa. *Pochvovedenie*, 3, 82-93. (in Russian)
- Loginov, V.Ya. (1959). Gornyy Altay. *Priroda*, 10, 35 (in Russian)
- Mandel'shtam, N.L. (1966). *Insolyatsiya sklonov razlichnoy ekspozitsii i krutizny v usloviyakh Saratovskoy oblasti*. In: Voprosy klimata i pogody Nizhnego Povolzh'ya. Saratov: Saratov State University. (in Russian)
- May, D.E., Webber, P.J., May, T.A. (1982). Success of transplanted alpine tundra plants on Niwot Ridge, Colorado. *Journal. Appl. Ecol.*, 19, 965–976.
- Mirkin, B.M. (2002). *Sovremennaya nauka o rastitel'nosti*. Moscow: Logos. (in Russian)
- Mitusov, A.V. (2001). *Rol' rel'efa v formirovanii plodorodiya pochv biogeotsenozov lesostepnoy zony*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Mikhaylov, N.I. (1961). *Gory Yuzhnoy Sibiri*. Moscow: Gosudarstvennoe izdatelstvo geograficheskoy literatury. (in Russian)
- Odum, Yu. (1975). *Osnovy ekologii*. Moscow: Mir. (in Russian)
- Petrov, B.F. (1952). *Pochvy Altaysko-Sayanskoy oblasti*. Novosibirsk: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Pikin, S.F. (2005). *Gravitatsionno-kineticheskaya model' rel'efa*. Stavropol': Stavropol State University. (in Russian)
- Prirodnoe rayonirovanie tsentral'noy chasti Krasnoyarskogo kraya i nekotorye voprosy prigorodnogo khozaystva*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Puteshestvie po Altayskim goram i Dzhungarskoy Kirgizskoy stepi*. (1993). Novosibirsk: Nauka. (in Russian)
- Rel'ef Altae-Sayanskoy gornoy oblasti*. (1988). Novosibirsk: Nauka. (in Russian)
- Rikhter, G.D. (1948). *Rol' snezhnogo pokrova v fiziko-geograficheskom protsesse*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Romanov, A.N., Kharlamov S.V. (2002). *Kolyvanskiy khrebet*. Barnaul: REM. (in Russian)
- Rusanov, A.M. (1987). *Vliyanie protsessov erozii na svoystva pochv i pochvennyy pokrov sklonov podzony yuzhnykh chernozemov Orenburzh'ya*. Thesis of Doctoral Dissertation. Moscow: Nauka. (in Russian)
- Shcherbakov, Yu.A. (1970). *Iz opyta izucheniya roli ekspozitsii v landshaftovedenii*. In: *Vliyanie ekspozitsii na landshafty*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Sherbakov, Yu.A. (1970). *Postuplenie i otrazhenie pryamoy solnechnoy radiatsii na neodinakovo orientirovannykh sklonakh v raznykh usloviyakh*. In: *Vliyanie ekspozitsii na landshafty*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Smagin, V.N., Il'inskaya S.A. (1980). *Tipy lesov gor Yuzhnoy Sibiri*. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie. (in Russian)
- Sochava, V.B. (1956). *Zakonomernosti geografii rastitel'nogo pokrova gornyykh tundr SSSR*. Moscow-Leningrad: Nauka. (in Russian)
- Srednyaya Aziya. (1968). Moscow: Nauka. (in Russian)
- Stanyukovich, K.V. (1955). *Osnovnye tipy poyasnosti v gorakh SSSR*. Moscow: VGO. (in Russian)
- Stanyukovich, K.V. (1960). *Rastitel'nost' vysokogoriy SSSR*. Dushanbe: Donish. (in Russian)
- Stanyukovich, K.V. (1973). *Rastitel'nost' gor SSSR*. Dushanbe: Donish. (in Russian)
- Stanyukovich, K.V. (1977). *V gorakh Pamira i Tyan'-Shanya*. Moscow: Mysl'. (in Russian)
- Ul'yanova, T.Yu., Balandin, S.A. (1987). *Struktura fitomassy i khimicheskiy sostav derev'ev i kustarnikov yuzhnykh sklonov poyasa orekhovo-plodnykh lesov Zapadnogo Tyan'-Shanya*. *Herba: Moscow Electronic Botanical Journal*. Retrieved from: <http://herba.msu.ru/publications/5/index.html> (in Russian)
- Yablokov, A.S. (1962). *Selektsiya drevesnykh porod*. Moscow: Sel'khozizdat. (in Russian)
- Yantser, O.V. (2005). *Vesennie razlichiya v razvitii rastitel'nosti na sklonakh razlichnoy solyarnoy ekspozitsii*. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 1, 77–80. (in Russian)
- Yashina, A.V. (1960). *Rol' snega v formirovanii rastitel'nogo pokrova*. In: *Geografiya snezhnogo pokrova*. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian)
- Zakharova, A.F. (1959). *Radiatsionnyy rezhim severnykh i yuzhnykh sklonov v zavisimosti ot geograficheskoy shiroty*. *Uchenye zapiski Leningradskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. (in Russian)
- Zhang, Y.Z., Zheng, D., Yang, Q.Y. (2002). *Physical geography in Tibet*. Beijing: Science press.