

**М.В. Терентьева**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, terenteva\_mv@ipae.uran.ru*

## **ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ НА ПРОФИЛЕ ТУНДРА–ЛЕС (ГОРНЫЙ МАССИВ ИРЕМЕЛЬ, РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)**

Изменение климата, отмечаемое не один десяток лет, несомненно ведет к изменениям структуры и процессов функционирования экосистем Земли, в том числе к расширению ареалов некоторых видов, смене доминантов и изменениям в биоразнообразии растительных сообществ [Seddon et al., 2016; Scharnagl et al., 2019]. Смещение всех границ древостоев различной сомкнутости на 30–60 м, отмечаемое с конца XX века в горных местностях разных регионов мира, стимулирует продвижение кустарников из экотона в горные тундры [Моисеев и др., 2016]. Под экотонном в данном случае понимается переходная зона между лесом и горной тундрой с высоким проективным покрытием кустарникового яруса. Продвижение кустарников в горную тундру в свою очередь приводит к снижению видового богатства и смене структуры сообществ [Sokovnina et al., 2018; Scharnagl et al., 2019]. Целью работы является оценка  $\alpha$ - и  $\beta$ -разнообразия растительных сообществ в пределах профиля.

Работа проводилась на территории ООПТ Природный парк «Иремель», расположенном в Башкирии на границе с Челябинской областью. Площадь парка 49 338 га. Он был создан 31 декабря 2010 г. Растительность представлена елово-пихтовыми лесами, горно-тундровыми сообществами и сфагновыми болотами. Флора парка включает 553 высших споровых и цветковых видов растений, из них 57 занесены в Красную книгу РБ [Русское географическое общество, ООПТ России].

В 2019 г. в урочище Залавок, который является северо-восточным отрогом Большого Иремеля [Шиятов, 1983], на профиле тундра–лес заложено 12 геоботанических площадей. В горной тундре на высоте 1311–1315 м над ур. м. заложено 3 площадки 10 × 10 м. В «верхнем экотоне» заложено 3 площадки 10 × 10 м на высоте 1295–1301 м над ур. м. В «нижнем экотоне» на высоте 1296–1298 м над ур. м. заложено 3 площадки 20 × 20 м. В лесу на высоте 1295–1299 м над ур. м. было заложено 3 площадки 20 × 20 м. Площадкам присвоены номера: 1-1...1-3 для горных тундр, 2-1...2-3 для «верхнего экотона», 3-1...3-3 для «нижнего экотона», и 4-1...4-3 для леса.

На каждой площадке: отмечали GPS-координаты, географическое положение, высоту над уровнем моря, положение в рельефе; для древесного, кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов составляли список видов, определяли высоту ярусов, отмечали проективное покрытие видов.

Определение видовой принадлежности проводилось с использованием определителя сосудистых растений Среднего Урала [1994], Иллюстрированного определителя сосудистых растений Средней России Т. 1–3 [2002–2004]. Видовая принадлежность подтверждена на основе гербария Музея ИЭРиЖ УрО РАН, с уточнениями д.б.н. М.С. Князева. Оценка  $\alpha$ - и  $\beta$ -разнообразия проводилась с использованием программы MS Excel 2013. Для оценки  $\alpha$ -разнообразия проводилось вычисление видового богатства, видовой насыщенности и индекса Шеннона, для оценки  $\beta$ -разнообразия использовались коэффициенты Серенсена-Чекановского и Глисона.

В пределах изучаемого профиля нами было отмечено 60 видов сосудистых растений. Они относятся к 44 родам из 24 семейств. Из них к споровым растениям относятся 4 вида из 2 родов и 2 семейств. Среди семенных растений к голосеменным относятся 3 вида из 3 родов и 2 семейств, к покрытосеменным относятся 53 вида из 39 родов и 20 семейств. В числе покрытосеменных к однодольным относятся 14 видов из 6 родов и 3 семейств. Остальные 39 видов из 33 родов и 17 семейств относятся к двудольным.

На исследованном профиле среди деревьев наиболее распространенным видом является *Picea obovata* Ledeb., формирующая леса в данной местности, среди кустарников это *Juniperus sibirica* Burgsd. и чуть в меньшей доле *Salix glauca* L. Заросли *Juniperus sibirica* Burgsd. могут достигать 2–3 м в диаметре. На профиле травяно-моховые горные тундры представлены голубично-ситниковыми и ивово-ситниковыми с долей участия *Juniperus sibirica* Burgsd. от 0 до 15 %; «верхний экотон» представлен елово-можжевельновыми зарослями с долей участия *Juniperus sibirica* Burgsd. до 50 %; «нижний экотон» представлен елово-березовым криволесьем с долей участия *Juniperus sibirica* Burgsd. до 30 %; в еловом лесу доля участия можжевельника не превышает 5 %.

### Оценка $\alpha$ -разнообразия

На основе анализа видового богатства, видовой насыщенности и индекса Шеннона (табл. 1, рис.) максимальное биоразнообразие отмечается в сообществах «нижнего экотона», а минимальное – в сообществах горной тундры.

Таблица 1

Индекс Шеннона и видовое богатство на профиле горная тундра–лес

Площадки		Число видов				Число Семейств	Индекс Шеннона
		Все ярусы	Древесный ярус	Кустарниковый ярус	Травяно-кустарничковый ярус		
Горная тундра	1-1	16	1	2	13	12	2.09
	1-2	17	0	2	15	13	
	1-3	14	1	2	11	12	
	Общее число	20	1	2	17	15	
Верхний экотон	2-1	23	2	2	19	15	2.26
	2-2	27	1	2	24	15	
	2-3	23	1	2	20	13	
	Общее число	32	2	2	28	18	
Нижний экотон	3-1	24	3	4	17	16	2.85
	3-2	31	2	2	27	16	
	3-3	34	3	3	28	21	
	Общее число	47	4	5	38	24	
Лес	4-1	29	2	3	24	15	2.18
	4-2	22	1	3	18	12	
	4-3	25	2	2	21	16	
	Общее число	38	2	3	33	19	

Максимум биоразнообразия в сообществах «нижнего экотона» объясняется сохранением на данном участке горно-тундровых видов с активным распространением лесных видов. В меньшей степени это выражено в сообществах «верхнего экотона». Биоразнообразие лесных сообществ по всем ярусам превышает биоразнообразие горно-тундровых сообществ.

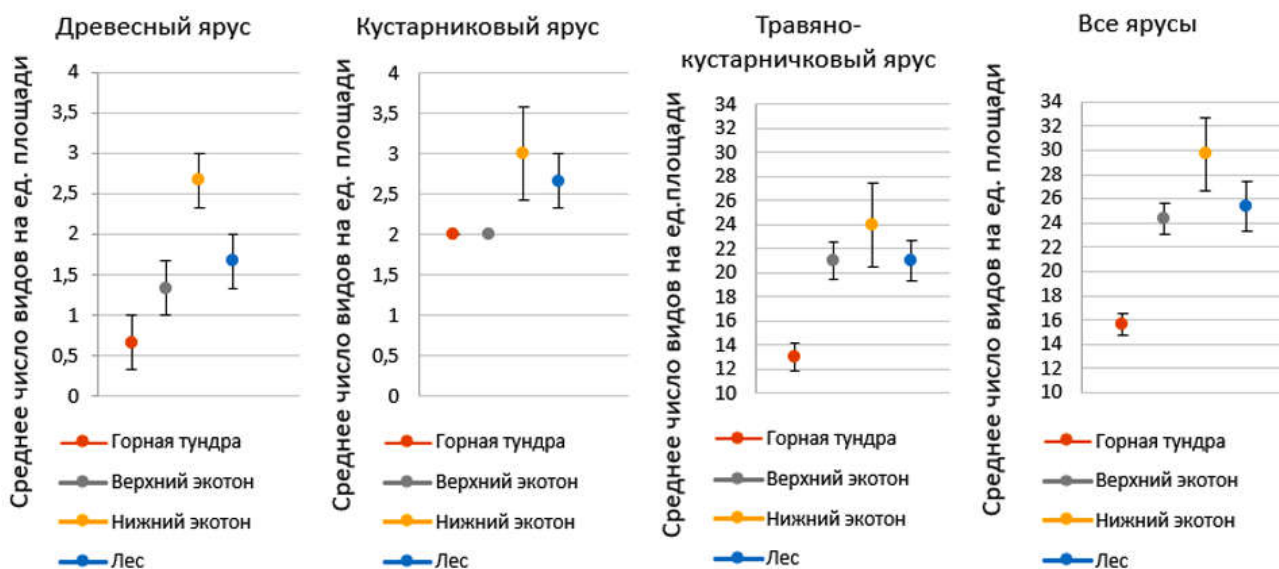


Рис. Видовая насыщенность ярусов на профиле горная тундра–лес.

Максимальная видовая насыщенность в сообществах «нижнего экотона» сохраняет тенденцию для всех ярусов (травяно-кустарничкового, кустарникового, древесного). Поскольку видовая насыщенность кустарникового яруса в сообществах «верхнего экотона» не меняется относительно горной тундры, можно сделать вывод, что повышение биоразнообразия травяно-кустарничкового яруса в сообществах «верхнего экотона» обусловлено увеличением разнообразия древесного яруса в сообществах «верхнего экотона».

### Оценка $\beta$ -разнообразия

Для оценки  $\beta$ -разнообразия с учетом присутствия и отсутствия видов использовался коэффициент Серенсена-Чекановского (табл. 2). Видовое сходство между сообществами постепенно снижается по мере отдаления их друг от друга. Наибольшее значение видового сходства составляет 0.76 и наблюдается между сообществами «верхнего» и «нижнего экотона», формирующими переходную зону. Наименьшее значение сходства не превышает 0.5 и наблюдается между сообществами горной тундры и леса. Снижение видового сходства между горной тундрой и сообществами от «верхнего экотона» до леса говорит о постепенном исчезновении горно-тундровых видов в пределах профиля. При этом видовое сходство между лесом и сообществами от горной тундры до «нижнего экотона» повышается, что показывает продвижение лесных видов вверх.

Таблица 2

#### Показатели коэффициента Серенсена-Чекановского на профиле горная тундра–лес

	Горная тундра	Верхний экотон	Нижний экотон	Лес
Горная тундра	–			
Верхний экотон	0.65	–		
Нижний экотон	0.51	0.76	–	
Лес	0.45	0.66	0.71	–

составляет 0.57. Наименьшее значение видового сходства отмечается между горной тундрой и лесом и не превышает 0.1. Видовое сходство горной тундры с сообществами «нижнего экотона» близко к значению видового сходства сообществ «нижнего экотона» с лесом, следовательно при сохранении в сообществах «нижнего экотона» высокого уровня обилия горно-

Оценка  $\beta$ -разнообразия с учетом обилия видов проводилась с помощью коэффициента Глисона. Результаты оценки сходства сообществ с помощью коэффициента Глисона приведены в таблице 3. Все значения видового сходства с учетом обилия значительно ниже, чем значения коэффициента Серенсена-Чекановского. Наибольшее значение отмечается между сообществами «верхнего» и «нижнего экотона» и

Таблица 3

## Показатели коэффициента Глисона на профиле горная тундра–лес

	Горная тундра	Верхний экотон	Нижний экотон	Лес
Горная тундра	–			
Верхний экотон	0.46	–		
Нижний экотон	0.36	0.57	–	
Лес	0.09	0.17	0.38	–

тундровых видов, наблюдается распространение многочисленных лесных видов с невысоким уровнем обилия.

## Выводы

1. Флора профиля представлена 60 видами сосудистых растений из 44 родов и 24 семейств. Из них к споровым растениям относятся 4 вида из 2 родов

и 2 семейств, к голосеменным – 3 вида из 3 родов и 2 семейств, к покрытосеменным – 53 вида из 39 родов и 20 семейств.

2. По  $\alpha$ -разнообразию лесные сообщества богаче горно-тундровых, однако наиболее богаты сообщества «нижнего экотона» за счет сохранения горно-тундровых видов и распространения лесных видов.

3. По  $\beta$ -разнообразию видовое сходство между сообществами постепенно снижается по мере отдаления их друг от друга. Наиболее схожи сообщества «верхнего» и «нижнего экотона», наименьшее сходство имеют сообщества леса и горной тундры. Значения видового сходства с учетом обилия значительно ниже, чем значения сходства без учета обилия.

4. При продвижении древесной и кустарниковой растительности вверх по склону видовое богатство сообществ горных тундр возрастает за счет проникновения лесных видов, при этом снижается видовое богатство горно-тундровых видов.

## Литература

- Моисеев П.А., Бубнов М.О., Дэви Н.М., Нагимов З.Я. Изменение структуры и фитомассы древостоев на верхнем пределе их произрастания на Южном Урале // Экология. 2016. № 3. С. 163–172.
- ООПТ России. Электронный ресурс. <http://oopt.aari.ru/oopt/Иремель-0>. Дата обращения: 15.04.2020.
- Русское географическое общество. Башкирское отделение. Электронный ресурс. <http://www.rgo-ub.ru/2016/10/prirodnij-park-iremел>. Дата обращения: 15.04.2020.
- Шиятов С.Г. Опыт использования старых фотоснимков для изучения смены лесной растительности на верхнем пределе ее произрастания // Флористические и геоботанические исследования на Урале. Свердловск, 1983. С. 76–109.
- Scharnagl K., Johnson D., Ebert-May D. Shrub expansion and alpine plant community change: 40-year record from Niwot Ridge, Colorado // Plant Ecology & Diversity. 2019. Vol. 12, No. 5. P. 407–416.
- Seddon A.W.R., Macias-Fauria M., Long P.R., Benz D., Willis K.J. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability // Nature. 2016. Vol. 531. P. 229–232.
- Sokovnina S.U., Erokhina O.V., Veselkin D.V. The Living Ground Cover of Mountain Tundra in the Northern and Southern Urals During an Invasion of *Juniperus sibirica* // Ecology and Geography of Plants and Plant Communities – The fourth International Scientific Conference on Ecology and Geography of Plants and Plant Communities. Vol. 2018. P. 211–218.