

**ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА ПИХТО-ЕЛЬНИКИ С КЕДРОМ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ
Р. Б. ПОРОЖНЯЯ (ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)**

© 2012 Н.С. Смирнов

Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН

Поступила 15.03.2012

Аннотация. В статье описываются результаты анализа влияния рельефа на темнохвойные леса нижнего течения р. Б. Порожняя (Печоро-Илычский заповедник). Анализ проведен на двух пространственных уровнях: всего массива в целом и обоих берегов по отдельности. По результатам проведенного анализа были выявлены наиболее значимые факторы рельефа и определено их влияние на различные секции пихто-ельников с кедром в рамках рассматриваемых территорий.

Ключевые слова: средняя тайга, Печоро-Илычский заповедник, рельеф, морфометрические величины, канонический анализ соответствия (ССА).

Печоро-Илычский заповедник представляет собой один из немногих хорошо сохранившихся лесных массивов [6, 7, 13]. Исследования на данных территориях позволяют понять закономерности взаимоотношений растительности с окружающей средой в ее слабо преобразованном человеком состоянии.

Целью работы был анализ влияния факторов рельефа на растительные сообщества пихто-ельников с кедром нижнего течения р. Б. Порожняя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На основе анализа литературных данных и картографических материалов был выбран модельный массив в Большепорожном ботанико-географическом районе Печоро-Илычского заповедника [8], в бассейне реки Большая Порожняя (приток р. Печоры). Выбранный массив располагается в пределах 61-62° с.ш. и 56-58° в.д., в зоне средней тайги. Перепад высот в точках наблюдения составляет 347 м, высота меняется от 256 до 603 м при среднем 378±106 м.

В модельном массиве сделано 548 геоботанических описаний на квадратных площадках размером 100 м² по регулярной сетке. Балловые оценки покрытия-обилия проведены по методике Браун-Бланке [9]. При выделении ярусов использована шкала онтогенетических состояний растений [12]. Эпифитные моховидные и лишайники не изучались. Латинские названия сосудистых растений приведены по С.К. Черепанову [14], мхов – по М.С. Игнатову и Е.А. Игнатовой [5]. Использована типология пихто-ельников с кедром, описанная ранее [10, 11].

В работе использована система морфометрических величин (МВ) предложенная П.А. Шарым [2], за исключением разностной и средней кривизн поверхности. Описание смысла каждой и алгоритмов расчета даны в статьях [3, 15]. Значения морфометрических величин рассчитаны с использованием

программы «Гис-Эко» [16]. Помимо МВ в анализе использовался также интегральный индекс влажности TI [1], определенный как $\ln(1+MCA/GA)$, где MCA есть площадь сбора в кв.м, а GA - крутизна склонов в градусах.

Оценка взаимосвязи между видовым составом растительности и значениями МВ проводилась с помощью канонического анализа соответствия (Canonical Correspondence Analysis - CCA), предложенного Тер-Браком [4]. По результатам проведенного анализа были построены диаграммы ординации в трех осях, на которых дополнительно проведены векторы физических градиентов, имеющих значимую степень корреляции с основными осями. Длина и направление этих векторов отражают степень корреляции факторов с осями. Неслучайность полученных результатов была проверена с помощью метода Монте-Карло.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ проводился на двух пространственных уровнях: как для всего массива в целом, так и для двух берегов, левого и правого, по отдельности (рис. 1). Анализ растительности берегов по отдельности проводился в связи с тем, что эти территории различаются между собой по ряду характеристик рельефа, таких как диапазон высот, преобладающая экспозиция, диапазон значений крутизны склона, а, значит, могут различаться по терморегиму и составу и степени влияния факторов рельефа.

Анализ показал, что взаимосвязь между растительностью и факторами рельефа низка. Изменчивость, описываемая осями ССА, составляет 7,8% вариации растительности всего массива в целом, 10,3% - для левого берега и 14,2% - для правого берега. При этом во всех трех случаях полученные результаты надежно описывают выявленную долю изменчивости (табл. 1).

Очевидно, что принятых во внимание факторов среды недостаточно для описания всей изменчивости видового состава пихто-ельников с кедром, но эти факторы позволяют в существенной мере описать выявленную часть вариации.

Смирнов Николай Сергеевич, м.н.с. отдела инвентаризации парниковых газов в природных и антропогенно-преобразованных экосистемах, e-mail: smns-80@rambler.ru

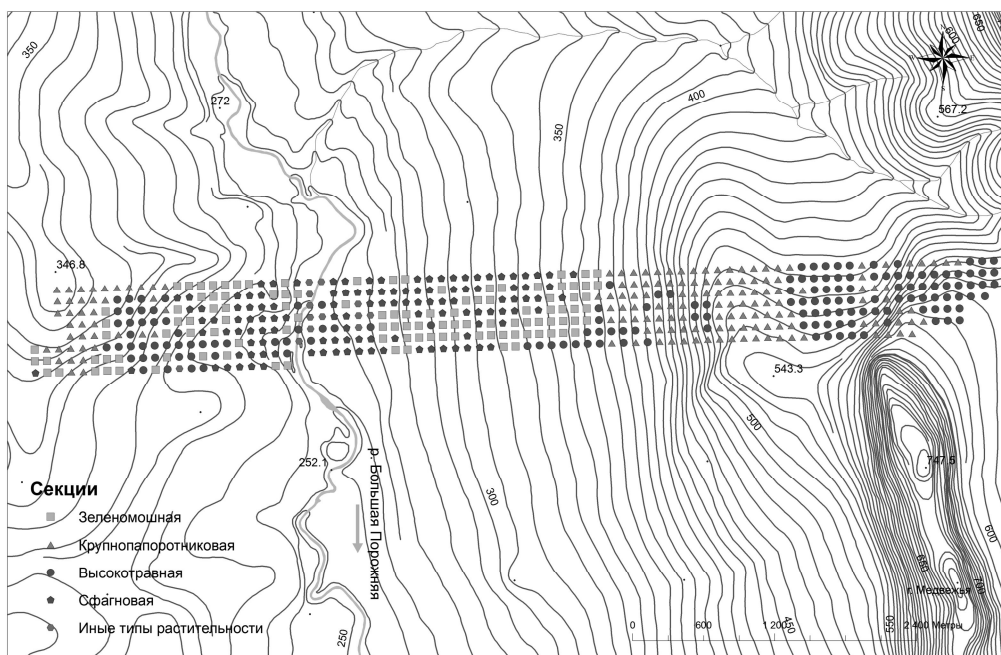


Рис. 1. Расположение на экологических профилях площадок, где проводились геоботанические описания.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между растительностью и факторами рельефа

	Массив в целом			Левый берег			Правый берег		
	1 ось	2 ось	3 ось	1 ось	2 ось	3 ось	1 ось	2 ось	3 ось
R Пирсона	0,888	0,670	0,731	0,919	0,672	0,660	0,919	0,693	0,741
Тай Кендалла	0,695	0,469	0,554	0,674	0,475	0,371	0,710	0,454	0,363

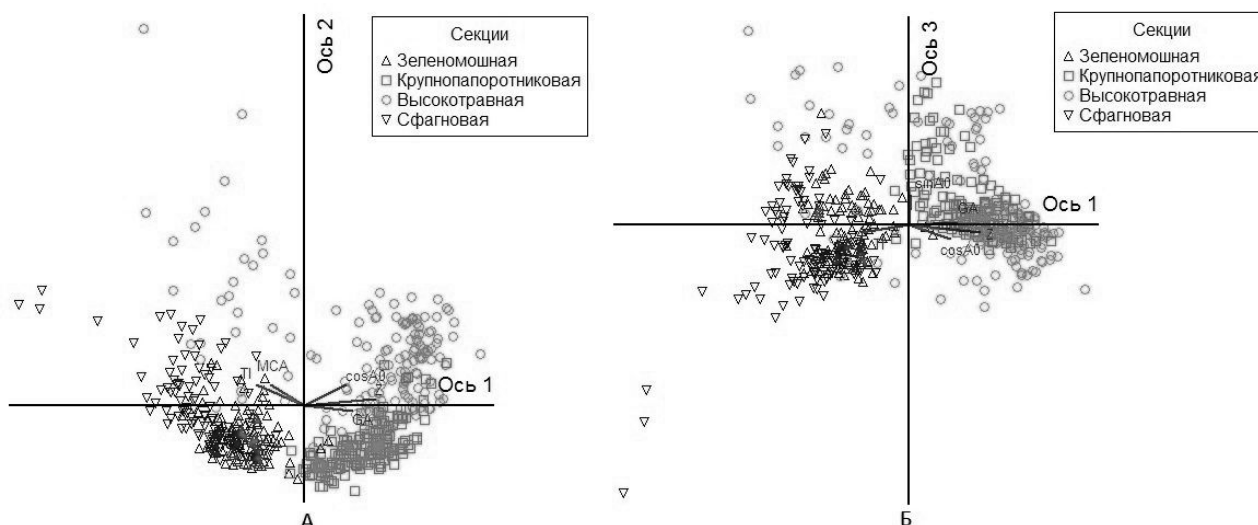


Рис. 2. Распределение описаний растительности с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (2а) и в 1 и 3 (2б) осях ССА для массива в целом.

Модельный массив в целом

По результатам анализа (рис. 2) выявлено, что 1 ось положительно коррелирует с высотной зональностью Z ($r=0.937$) и крутизной склона GA ($r=0.629$), отрицательно – с интегральным индексом влажности Tl ($r=-0.616$). Положительная корреляция 2 оси связана с северной компонентой экспозиции склона $\cos A_0$ ($r=0.552$), площадью водосбора MCA ($r=0.548$) и интегральным индексом влажности Tl ($r=0.551$); 3 ось положительно коррелирует с восточной компонентой экспозиции $\sin A_0$ ($r=0.836$).

Левый берег. Как видно на рис. 3, первая ось

положительно коррелирует с высотной зональностью Z ($r=0.954$), крутизной склона GA ($r=0.582$), несферичностью M ($r=0.508$), северной $\cos A_0$ ($r=0.700$) и восточной $\sin A_0$ ($r=0.521$) компонентами экспозиции. Отрицательно – с площадью водосбора MCA ($r=-0.578$) и интегральным индексом влажности Tl ($r=-0.720$). Значимых положительных корреляций второй оси с факторами рельефа выявлено не было. Выявлена была лишь отрицательная корреляция с северной $\cos A_0$ ($r=-0.493$) компонентой экспозиции. Значимых корреляций факторов рельефа с третьей осью выявлено не было.

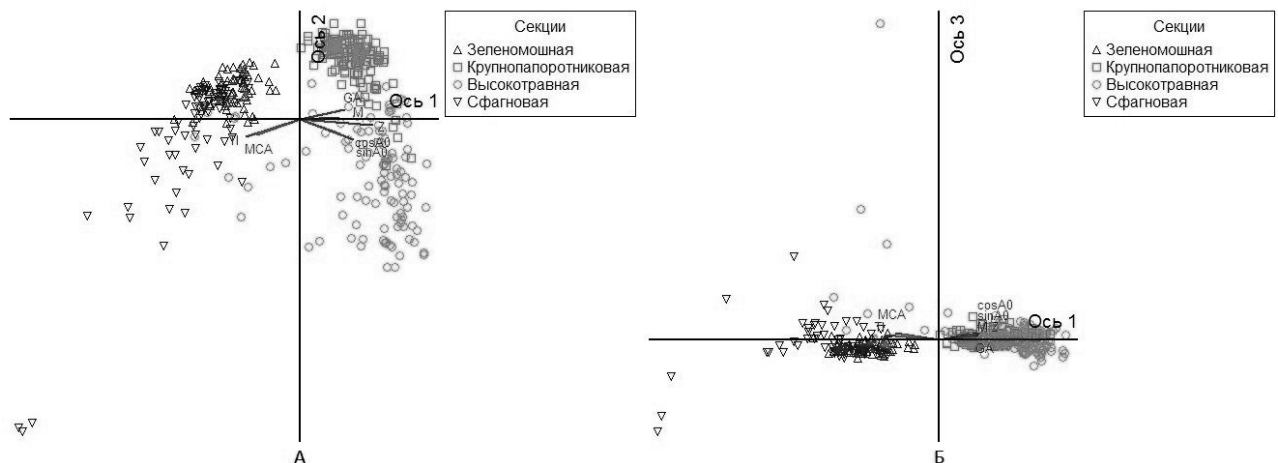


Рис. 3. Распределение описаний растительности левого берега с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (3а) и в 1 и 3 (3б) осях ССА.

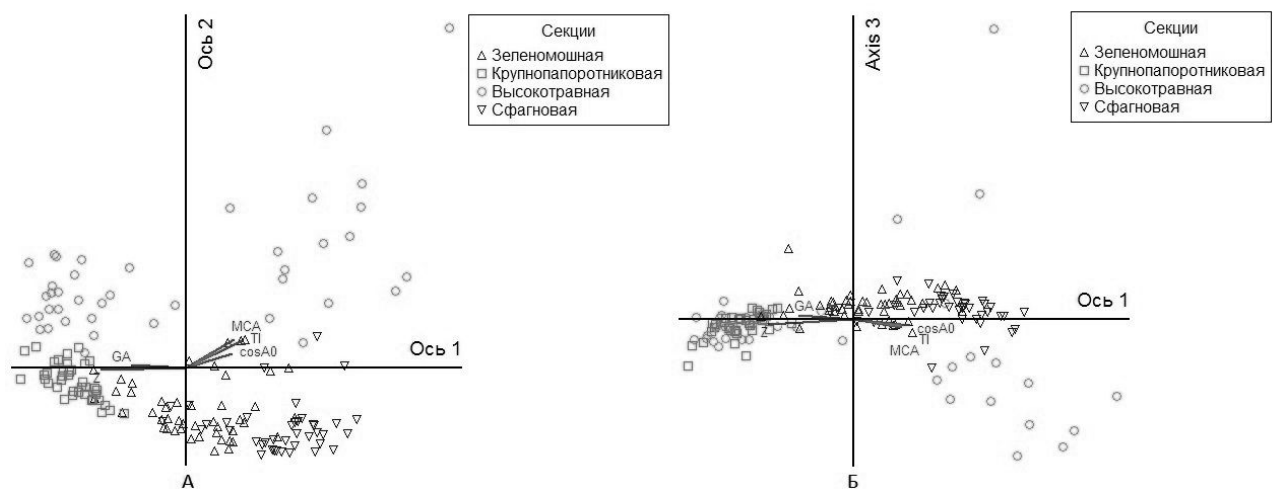


Рис. 4. Распределение растительности правого берега с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (4а) и в 1 и 3 (4б) осях ССА.

Правый берег. Выявлено (рис. 4), что первая ось положительно коррелирует с площадью водосбора MCA ($r=0.497$), интегральным индексом влажности Tl ($r=0.584$) и северной компонентой экспозиции склона $\cos A_0$ ($r=0.483$). Отрицательная корреляция наблюдается у первой оси с высотной зональностью Z ($r=-0.895$) и крутизной склона GA ($r=-0.582$). Положительная корреляция второй оси - с площадью водосбора MCA ($r=0.571$) и интегральным индексом влажности Tl ($r=0.540$). Значимых корреляций факторов рельефа с третьей осью нет.

Как видно из диаграмм, для исследуемого массива темнохвойных лесов наибольшее значение имеют факторы высоты и крутизны склонов и, обусловливаемое ими, совместно с площадью водосбора, перераспределение влаги и вещества по склону, выражаемое интегральным индексом влажности.

По этим признакам сообщества четырех секций темнохвойных лесов разделены на две большие группы, приуроченные к разным типам местоположений. К более крутым участкам с большими отметками высоты и низкими значениями увлаж-

нения приурочены сообщества крупнопоротниковой и большей части высокотравной секции. К более влажным участкам в низинах, с большой площадью сбора, приурочены сообщества зеленомошной, сфагновой и небольшая часть сообществ высокотравной секции.

Еще одной значимой величиной, имеющей высокую степень корреляции, является экспозиция склона. Обе компоненты экспозиции склона, определяя, совместно с крутизной, ее терморезим, оказывают влияние на растительность. Северная компонента экспозиции склона на левом берегу обуславливает приуроченность крупнопоротниковых и высокотравных сообществ к более холодным, а зеленомошных и сфагновых – к более прогреваемым местоположениям. На правом берегу – иная картина. Сообщества крупнопоротниковой и большей части высокотравной секций приурочены к более прогреваемым, а сообщества зеленомошной и сфагновой секций – к более холодным местообитаниям. Причиной этого явления могут быть ветра, дующие с севера вдоль хр. Яны-Пупу-Нер и влияющие на верхнюю часть массива на ле-

вом берегу. Также возможно движение холодных масс воздуха на юг по долине р. Б. Порожняая.

Восточная компонента экспозиции склона увеличивается в направлении с запада на восток (на правом берегу – не значима, левом берегу совпадает с увеличением высоты), что зависит от движения воздушных масс в восточном направлении. Таким образом, одним из значимых факторов, влияющих на растительность, наряду с прямыми факторами рельефа и ими определяемый, является локальный перенос воздушных масс с запада на восток и с севера на юг.

Единственным значимым фактором, не относящимся к факторам высотной зональности или локального стока, является несферичность рельефа, выраженная на левом берегу. С вытянутыми формами рельефа на левом берегу приурочены сообщества высокотравной и крупнопоротниковой секций.

Рассматривая растительность, стоит отметить, что высокотравная секция, в отличие от всех остальных, представлена в самом широком диапазоне местообитаний. Анализ влияния факторов рельефа на разные секции пихто-ельников с кедром по отдельности, несомненно, требует более подробного анализа и изучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описываемая факторами рельефа вариация растительности составляет около 10%, остальные 90% вариации видового состава растительности определяются иными факторами среды. Это говорит о том, что прямое воздействие рельефа на темнохвойные леса минимально и не может описать значимой части изменчивости растительности. Таким образом, одним из дальнейших направлений исследований становится поиск иных факторов среды, имеющих значимое влияние на растительность.

Автор выражает благодарность всем участникам экспедиции ЦЭПЛ РАН за активное содействие в сборе данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ (проект МК-2102.2012.4) и РФФИ (проект № 10-04-00355).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beven K.J., Kirkby M.J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology // *Hydrological Sciences Bulletin*, 1979. V.24. P.43–69.
2. Shary P.A. Land surface in gravity points classification by a complete system of curvatures // *Mathematical Geology*, 1995. – V.27. – № 3. – P.373–390.
3. Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V. Fundamental quantitative methods of land surface analysis // *Geoderma*. 2002. V.107. N.1–2. P.1–32.
4. Ter Braak C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis // *Ecology*, 1986. – Vol. 67. – P. 1167–1179.
5. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. М.: КМК. Т. 1. 2003. С.1–608 Т. 2. 2004. С. 611–960.
6. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
7. Корчагин А.А. Растительность северной половины Печоро-Илычского заповедника // *Тр. Печоро-Илычского заповед. М., 1940. Вып. 2. 416 с.*
8. Лавренко А.Н., Улле З.Г., Сердитов Н.П. Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. СПб.: Наука. 1995. 256 с.
9. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках европейской России». М.: Научный мир. 2000. 185 с.
10. Смирнов Н.С. Основные типы темнохвойных лесов бассейна р. Б. Порожняая (Печоро-Илычский заповедник) // *Изв. Самарского НЦ РАН*. 2010. Т.12 (33). № 1 (3). С. 892 – 896.
11. Смирнов Н.С. Типологическое и видовое разнообразие темнохвойных лесов нижнего течения р. Б. Порожняая (приток р. Печора, Печоро-Илычский заповедник) // *Экология*. 2012. В печати.
12. Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г. Использование демографических методов для оценки и прогноза сукцессионных процессов в лесных ценозах // *Бюлл. МОИП. Сер. Биологическая*. 2001. Т. 106, № 5. С. 26–34.
13. Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Биоразнообразие и сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов южной части Печоро-Илычского заповедника // *Тр. Печоро-Илычского заповедника*. 2007. Т. 15. С. 38–52.
14. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб: Мир и семья, 1995. 990 с.
15. Шарая Л.С., Шарый П.А. Изучение пространственной организации лесных экосистем с помощью методов геоморфометрии // *Экология*. 2011. № 1. С.3–10.
16. Шарый П.А. Аналитическая ГИС Эко. 2004. Сайт <http://www.esti-map.ru/>

THE IMPACT OF RELIEF ON FIR-SPRUCE FORESTS WITH CEDAR IN THE LOWER STREAM OF RIVER B. POROGNAJA (PECHORA-ILYCH RESERVE)

© 2012 N.S. Smirnov

Institute of global climate and ecology of Roshydromet and RAS

Abstract. This article describes the results of the analysis of the impact of relief on the coniferous forests of the lower stream of the river B. Porognaja (Pechora-Ilych Reserve). The analysis was performed on two spatial levels: the entire array as a whole and both sides separately. According to the results of the analysis was identified the most significant factors of relief and determined their impact on different sections of the fir-spruce forests with cedar.

Keywords: Pechora-Ilych Reserve, middle taiga, relief, morphometric values, Canonical Correspondence Analysis (CCA).

Nikolay Smirnov, Researcher at the Department of inventory of greenhouse gases in natural and anthropogenically transformed ecosystems, e-mail: smns-80@rambler.ru