

ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕЛЬЕФА С РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ БОЛЬШАЯ ПОРОЖНЯЯ (ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

Н.С. Смирнов

Россия, 127258, Москва, ул. Глебовская, д.20б, Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. smns-80@rambler.ru

Реферат. В статье описываются результаты анализа влияния рельефа на сообщества темнохвойных лесов нижнего течения реки Большая Порожня (Печоро-Илычский заповедник). Анализ проведен как для растительности всего массива в целом, так и для сообществ разных секций 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 рассматриваемой территории.

Показано, что описываемая факторами рельефа вариация растительности составляет около 10%, остальные 90% вариации видового состава растительности определяются иными факторами среды (такими как пожары, рубки и пр.). Это свидетельствует о том, что прямое воздействие рельефа на темнохвойные леса минимально и не может описать значимой части изменчивости растительности.

Ключевые слова. Средняя тайга, Печоро-Илычский заповедник, рельеф, растительность, взаимосвязь, морфометрические величины.

INTERRELATIONSHIP OF RELIEF AND VEGETATION OF CONIFEROUS FORESTS IN LOWER COURSE OF RIVER BOLSHAYA POROZHNYAYA (PECHORA-ILYCH RESERVE)

N.S. Smirnov

Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and RAS, 20b, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russia, smns-80@rambler.ru

Abstract. The paper describes results of the analysis of relief influence on coniferous forest communities of the lower course of the river Bolshaya Porozhnyaya (Pechora-Ilych Reserve). Analysis is carried out for the vegetation of the whole massive, as well as for communities of

different sections. The analysis yielded the most significant relief factors. Their influence on different sections of fir-spruce forests with cedar has been quantified. It is shown that variation of vegetation described by relief factors constitute about 10%, while the remaining 90% of variation in species composition of vegetation is determined by other environmental factors (such as fires, logging, etc.). This suggests that direct impact of relief on coniferous forests is minimal and cannot describe substantial part of variability in vegetation.

Key words. Middle taiga, Pechora-Ilych Reserve, relief, vegetation, relationship, morphometric values.

Введение

Печоро-Илычский заповедник – крупный, хорошо сохранившийся массив средне- и северотаежных лесов Европейской части России (Корчагин, 1940; Коренные..., 2006; Смирнова и др., 2007). Исследования на таких территориях позволяют понять закономерности взаимоотношений растительности с окружающей средой в ее слабо преобразованном состоянии.

Целью работы: анализ влияния факторов рельефа на растительные сообщества пихто-ельников с кедром нижнего течения реки Большая Порожня.

Объекты и методы

На основе анализа литературных данных и картографических материалов был выбран модельный массив в Большепорожном ботанико-географическом районе Печоро-Илычского заповедника (Лавренко и др., 1995), в бассейне реки Большая Порожня (приток реки 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 347м, высота меняется от 256 до 603м при среднем 378 ± 106 м.

В модельном массиве сделано 548 геоботанических описаний на квадратных площадках размером 100м^2 по регулярной сетке. Балловые оценки покрытия-обилия проведены по методике Браун-

Бланке (Оценка..., 2000). При выделении ярусов использована шкала онтогенетических состояний растений (Смирнова и др., 2001). Эпифитные моховидные и лишайники не изучались. Латинские названия сосудистых растений приведены по С.К. Черепанову (Черепанов, 1995), мхов – по М.С. Игнатову и Е.А. Игнатовой (Игнатов, Игнатова, 2003, 2004). Использована типология пихто-ельников с кедром, описанная ранее (Смирнов, 2010, 2012).

В работе использована система морфометрических величин (МВ) предложенная П.А. Шарым (Shary, 1995), за исключением разностной и средней кривизны поверхности. Описание смысла каждой и алгоритмов расчета приведены в статьях (Shary at all, 2002; Шарая, Шарый, 2011). Значения морфометрических величин рассчитаны с использованием программы «Гис-Эко» (Шарый, 2004). Помимо МВ в анализе использовался также интегральный индекс влажности TI (Beven, Kirkby, 1979), определенный как $\ln(1+MCA/GA)$, где MCA есть площадь сбора A в m^2 , 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-Брааком (Ter Braak, 1986). По результатам проведенного анализа 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. Расчет проводился в программе PC-Ord, версия 5.0.

Результаты

Анализ проведен на двух уровнях: для всего массива в целом и для сообществ, относящихся к различным секциям (рис. 1). Как видно из приведенного рисунка, на верхних частях склона преобладают сообщества крупнопоротниковой и высокотравной секций. В средней и нижней – сфагновой и зеленомошной.

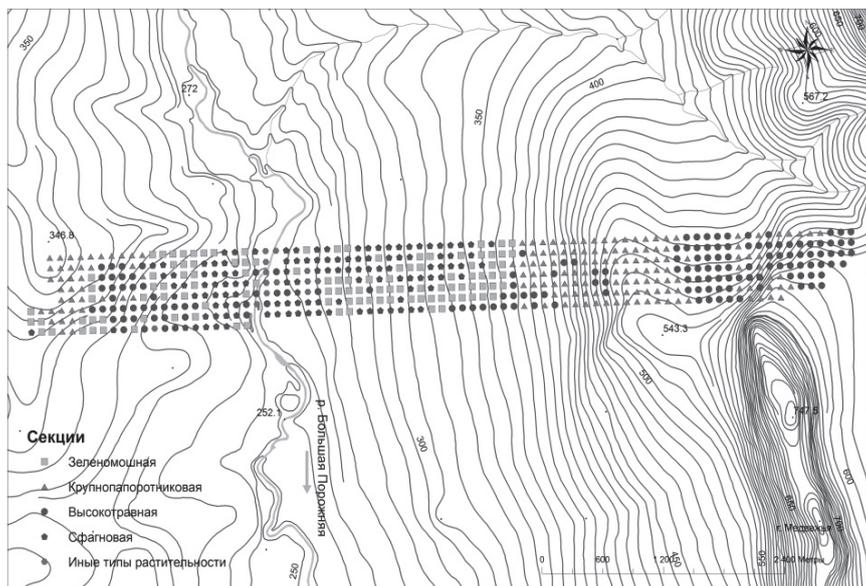


Рис. 1. Расположение на экологических профилях площадок, где проводились геоботанические описания.

Анализ показал, что взаимосвязь между растительностью и факторами рельефа низка. Изменчивость, описываемая осями ССА, составляет 7,8% вариации растительности всего массива в целом, 10,7% вариации растительного состава для зеленомошной секции, 11% – для крупнопоротниковой секции, 12,2% – для высокотравной секции и 10,8% – для сфагновой секции. При этом они достаточно надежно описывают выявленную долю изменчивости (табл. 1).

Высокие коэффициенты корреляции свидетельствуют о том, что они достоверно описывают выявленную часть изменчивости. 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.

Коэффициенты корреляции Пирсона между растительностью и факторами рельефа.

	Модельный массив	Зеленомошная секция	Крупнопороотниковая секция	Высокотравная секция	Сфаговая секция
1 ось	0,888	0,900	0,904	0,905	0,871
2 ось	0,670	0,892	0,725	0,839	0,827
3 ось	0,731	0,846	0,825	0,861	0,809

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 $T1$ ($r = -0,616$). Положительная корреляция 2 оси связана с северной компонентой экспозиции склона $\cos A0$ ($r = 0,552$), площадью водосбора MCA ($r = 0,548$) и интегральным индексом влажности $T1$ ($r = 0,551$); 3 ось положительно коррелирует с восточной компонентой экспозиции $\sin A0$ ($r = 0,836$).

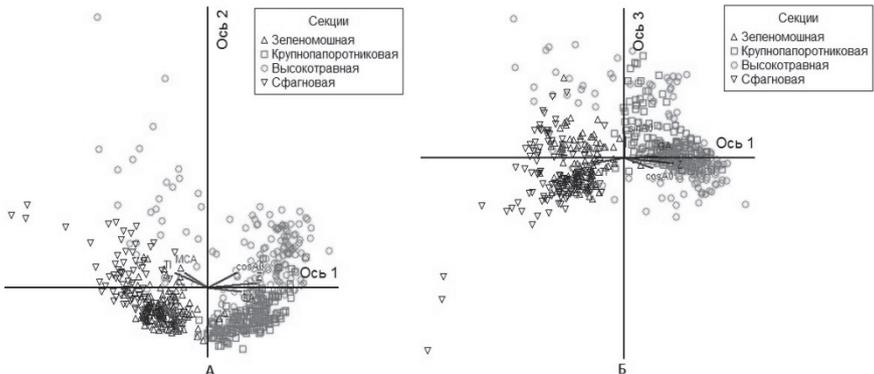


Рис. 2. Распределение описаний растительности с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (А) и в 1 и 3 (Б) осях ССА для массива в целом.

Как видно из рисунка 2, в пространственном отношении 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 увлажнения 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.

Взаимосвязь рельефа и сообществ, относящихся к различным секциям

Для выявления изменений во взаимосвязи растительности и факторов рельефа на разных стадиях развития растительности был проведен анализ методом ССА в рамках каждой секции отдельно.

Зеленомошная секция

В ходе анализа взаимосвязи растительности зеленомошной секции и рельефа (рис. 3) было выявлено, что первая ось положительно коррелирует с высотой Z ($r = 0,667$) и с показателем килевых форм рельефа k_{\min} ($r = 0,536$). Отрицательная корреляция у первой оси наблюдается с показателем несферичности M ($r = -0,593$). Вторая ось положительно коррелирует с восточной компонентой экспозиции склона $\sin A_0$ ($r = 0,846$) и отрицательно – с северной компонентой экспозиции склона $\cos A_0$ ($r = -0,471$). С третьей осью ССА положительно коррелирует высота Z ($r = 0,593$).

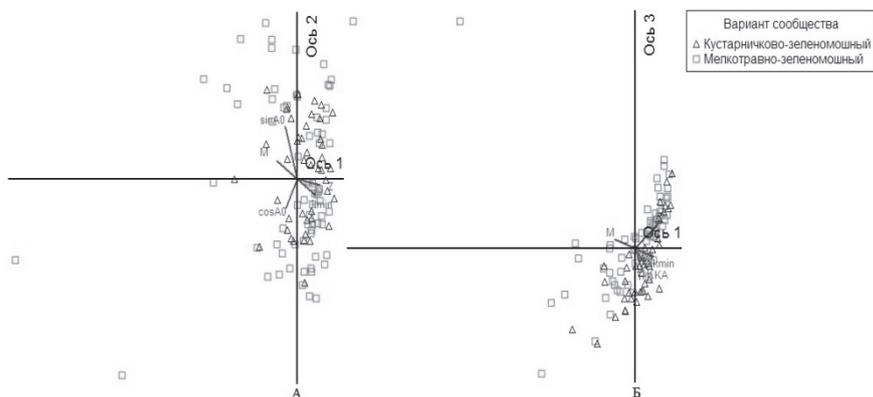


Рис. 3. Распределение растительности зеленомошной секции с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (А) и в 1 и 3 (Б) осях ССА.

При рассмотрении результатов анализа видно, что зеленомошная секция имеет относительно низкое значение корреляции с высотой. Также внимание привлекает большое значение корреляции с восточной компонентой экспозиции склона. Также видно, что сообщества, относящиеся к разным вариантам, не составили четких групп, что может говорить об отсутствии приуроченности вариантов зеленомошной секции к тем или иным условиям рельефа. А сообщества подсекций?

Крупнопоротниковая секция

Проведенный анализ взаимосвязи растительности крупнопоротниковой секции и рельефа (рис. 4) показал, что первая ось положительно коррелирует с высотой Z ($r = 0,888$), северной компонентой экспозиции склона $\cos A_0$ ($r = 0,856$) и крутизной склона GA ($r = 0,473$). Значимых корреляций факторов со второй и третьей осями выявлено не было.

При рассмотрении результатов анализа видно, что наиболее значимы факторы высоты н.у.м. и северной компоненты экспозиции склона. При этом оба этих фактора примерно равны по своей значимости.

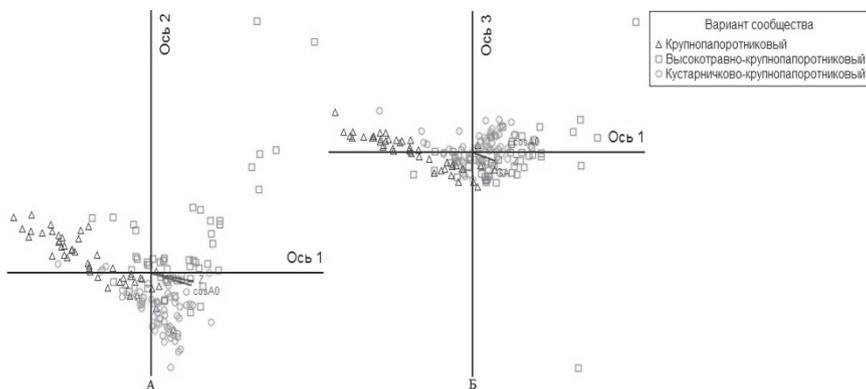


Рис. 4. Распределение растительности крупнопоротниковой секции с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (А) и в 1 и 3 (Б) осях ССА.

В отличие от зеленомошной секции сообщества каждого варианта крупнопоротниковой секции имеют приуроченность к определенному сочетанию факторов рельефа. На приведенном рисунке видно, что крупнопоротниковый вариант отрицательно коррелирует с высотой н.у.м., крутизной склона и с северной компонентой экспозиции склона. Другие два варианта крупнопоротниковой секции расположены на более высоких участках с большим влиянием северной компоненты экспозиции склона. При этом, высокотравно-крупнопоротниковый вариант встречается на более крутых участках, а кустарничково-крупнопоротниковый на менее крутых участках склона.

Высокотравная секция

В результате проведенного анализа (рис. 5) было выявлено, что первая ось ССА положительно коррелирует с высотой Z ($r = 0,857$) и крутизной склона GA ($r = 0,503$). Отрицательная корреляция первой оси была выявлена с площадью водосбора MCA ($r = -0,550$) и интегральным индексом влажности $T1$ ($r = -0,680$). Вторая ось ССА отрицательно коррелирует с северной компонентой экспозиции склона $\cos A0$ ($r = -0,648$), с площадью водосбора MCA ($r = -0,507$) и интегральным индексом влажности $T1$ ($r = -0,523$). Третья ось положительно коррелирует с площадью водосбора MCA ($r = 0,511$).

При рассмотрении результатов анализа видно, что наибольшая корреляция наблюдается с высотой н.у.м. В отличие от крупнопоротниковой и зеленомошной секций в высокотравной сильно влияние интегрального индекса влажности и площади водосбора.

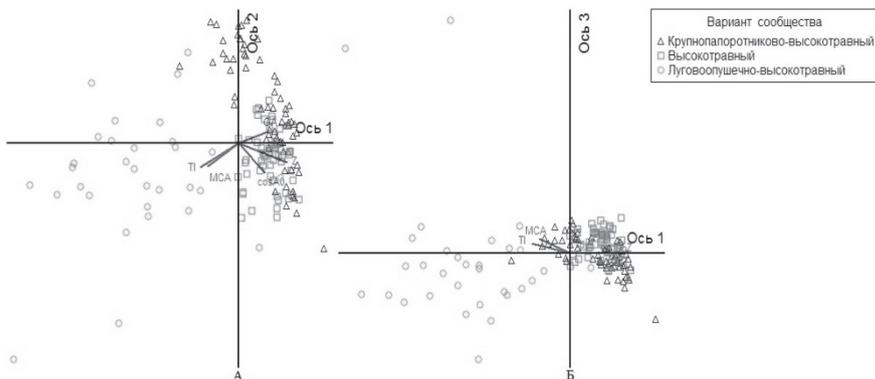


Рис. 5. Распределение растительности высокотравной секции с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (А) и в 1 и 3 (Б) осях ССА.

В высокотравной секции, также как в крупнопоротниковой видно, что каждый вариант имеет свой набор доминирующих факторов рельефа. К более влажным участкам в низинах приурочен луговоопушечно-высокотравный вариант. Другие два варианта расположенные на более высоких и крутых участках различаются по отношению к северной компоненте экспозиции склона. Крупнопоротниково-высокотравный вариант приурочен к участкам с менее сильным ее влиянием, чем высокотравный вариант.

Сфагновая секция

В результате проведенного анализа (рис. 6) было выявлено, что первая ось ССА положительно коррелирует с высотой Z ($r = 0,905$) и крутизной склона GA ($r = 0,783$). Положительная корреляция второй оси наблюдается с восточной компонентой экспозиции склона $\sin A_0$ ($r = 0,854$). Третья ось положительно коррелирует с площадью водосбора MCA ($r = 0,575$).

В сфагновой секции наиболее сильная корреляция выявлена с высотой н.у.м. Также значима корреляция с факторами крутизны и восточной компоненты экспозиции склона.

В данной секции, также как и в высокотравной и крупнопоротниковой, наблюдается приуроченность вариантов к определенным наборам факторов. Травяно-сфагновый, высокотравно-сфагновый и олиготрофнотравяно-сфагновый варианты приурочены к участкам с более низкими значениями высоты н.у.м. Среди них высокотравно-сфагновый и олиготрофнотравяно-сфагновый приурочены к участкам с меньшими значениями крутизны склона. К самым выположенным участкам рельефа приурочены сообщества олиготрофнотравяно-сфагнового варианта.

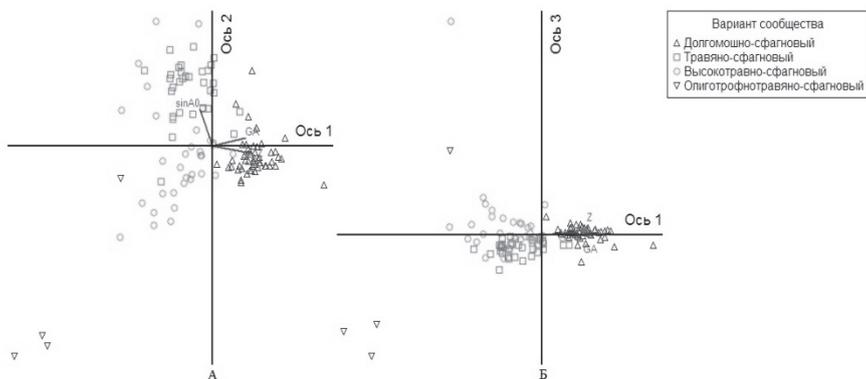


Рис. 6. Распределение растительности сфагновой секции с векторами геоморфометрических величин в 1 и 2 (А) и в 1 и 3 (Б) осях ССА.

Как видно из вышеизложенного, наиболее значимыми МВ для растительности являются высота и крутизна склона. Высокие корреляции с ними отмечены как для всего массива в целом, так и для отдельных секций (за исключением зеленомошной). Кроме них большое значение имеют экспозиция склонов, интегральный индекс влажности и площадь водосбора.

У сообществ зеленомошной и сфагновой секций, приуроченных к нижним и средним частям рельефа отмечена корреляция с восточной компонентой экспозиции склона. Это говорит о том, что показанный ранее на примере сравнения растительности разных

берегов р. Б.Порожней (Смирнов, 2012) перенос воздушных масс с запада на восток имеет наибольшее влияние на растительность данных секций, а растительность высокотравной и крупнопоротниковой секций относительно независимы от этого фактора.

Корреляция с северной компонентой экспозиции склона отмечена как на уровне массива, так и на уровне секций, за исключением сфагновой секции. Это может свидетельствовать о влиянии показанного ранее (Смирнов, 2012) переноса воздушных масс с севера на юг на все секции, кроме сфагновой.

При рассмотрении взаимосвязи факторов рельефа и растительности сообществ разных секций видно, что во всех секциях, кроме зеленомошной, каждому варианту свойственен свой набор факторов рельефа. Такого рода распределение может свидетельствовать о достаточно долго идущих сукцессионных изменениях, вызвавших дифференциацию растительности соответственно местообитаниям. При этом сообщества зеленомошной секции находятся на ранних или средних этапах этой дифференциации. Это согласуется с проведенными ранее исследованиями (Восточноевропейские..., 2004; Смирнова и др., 2007), показавшими, что эти леса относятся к ранним или средним этапам сукцессии.

Заключение

Проведенное исследование показало, что описываемая факторами рельефа вариация растительности составляет около 10%, остальные 90% вариации видового состава растительности определяются иными факторами среды (такими как пожары, рубки и пр.). Это свидетельствует 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. 2004. –М.: Наука. Кн. 1. 479 с. Кн. 2. 575 с.

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