

Факторный анализ данных с мезоолиготрофного болота Мэдла- Пэв-Нюр

Лапина Л.Э.¹, Михайлов О.А.², Успенский И.М.¹,

¹Отдел математики Коми НЦ УрО РАН,

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН



**International Conference
on Computational Information Technologies
for Environmental Sciences: "CITES-2015"
Tomsk, Russia, 20 – 30 June, 2015**

Объект исследования и измерительные приборы

- Исследования проводили с 1 по 31 августа 2012 г. на мезоолиготрофном болоте Медла-Пэв-Нюр, расположенном в подзоне средней тайги на Европейском Северо-Востоке России, в 40 км на северо-запад от г. Сыктывкара (Республика Коми, 61° 56' с.ш. 56° 13' в.д.). На участке болота, где проводили измерения, преобладают растительные сообщества: 1) *Carex rostrata* Stokes – *Oxycoccus palustris* Pers. – *Carex limoza* L. – *Sphagnum* sp.; 2) *Andromeda polyfolia* L. – *Oxycoccus palustris* – *Scheuchzeria palustris* L. – *Sphagnum* sp. Незначительную площадь (до 5%) занимают олиготрофные сообщества *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench – *Oxycoccus palustris* – *Andromeda polyfolia* – *Sphagnum* sp.
- Измерительная система включала ультразвуковой анемометр (CSAT3, Campbell Scientific Inc, USA) и инфракрасный газоанализатор открытого типа (Li-7500A, Li-Cor Inc., USA). Отбор проб воздуха проводили на высоте 3.93 м. Регистрация данных производилась с частотой 10 Hz. Параметры микроклимата (температуру воздуха и почвы, интенсивность ФАР, падающей и отраженной солнечной радиации и др.) регистрировали автоматической метеостанцией с помощью регистратора CR3000 (Campbell Scientific Inc., США). Температура и объемная влажность почвы измеряются на глубинах 25 см (глубина 1) и 15 см (глубина 2).

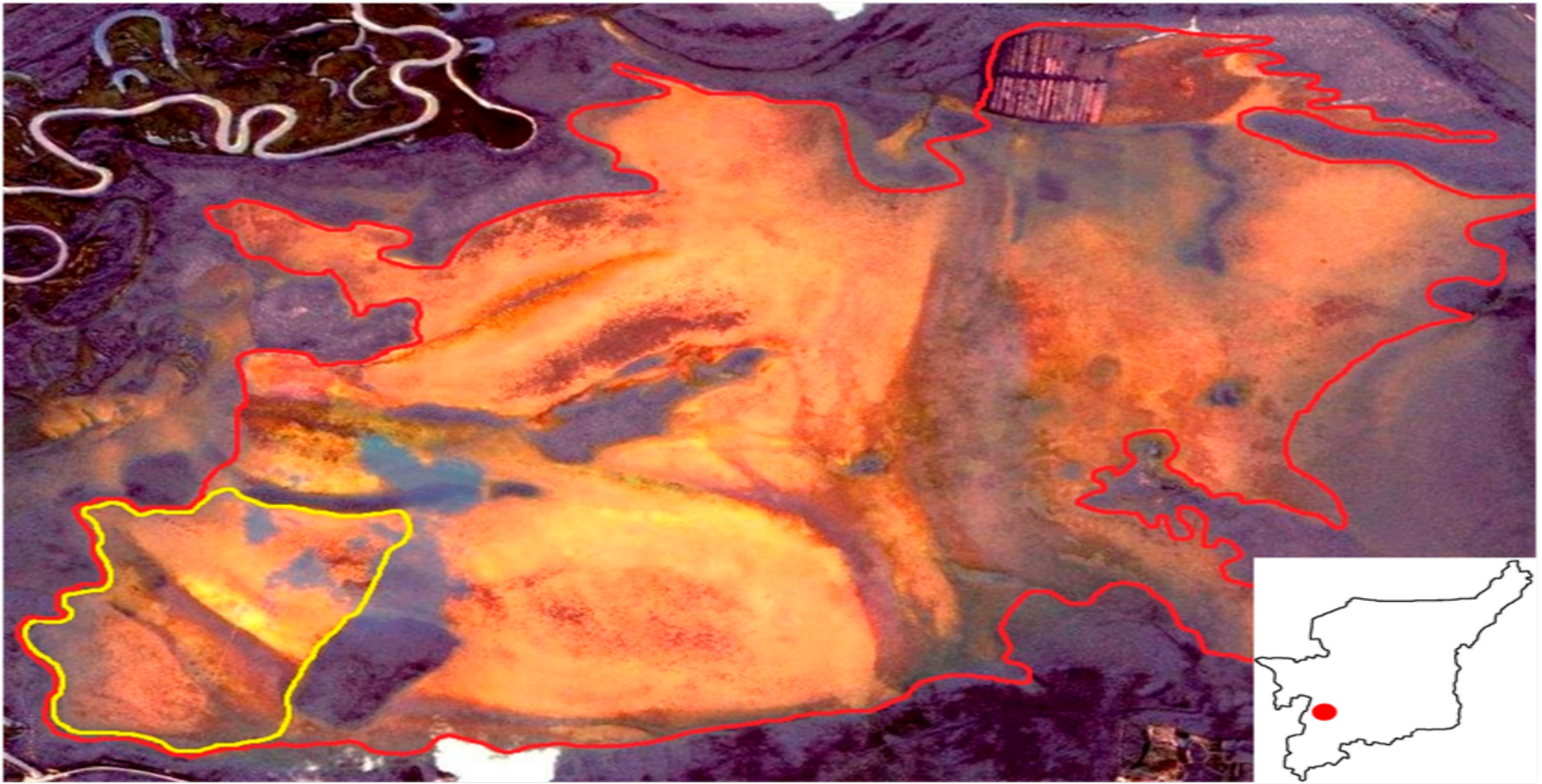


Рис. 1 Карта-схема мезоолиготрофного болота Медла-Пэв-Нюр. Светлой линией отмечена граница исследуемого участка болота



Рис.1 Карта-схема исследуемого участка болота Мэдла-Пэв-Нюр. 1– минеральный лесной остров; 2 – мезоевтрофная травяно-моховая проточная топь; 3– олиготрофные сосново-кустарничково-пушициево-сфагновые сообщества; 4–мезотрофные кустарничково-травяно-сфагновые сообщества; 5 – окраинная топь; 6 – граница болота (Взято из диссертации Михайлова). Центр окружности место установки прибора.

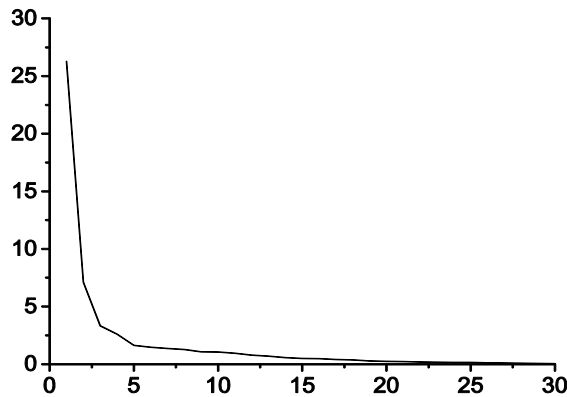
Данные, использованные для анализа

Используется 54 переменных.

- - концентрация метана (ммоль/куб.м.), концентрация углекислого газа (ммоль/куб.м.), концентрация водяного пара (ммоль/куб.м.), температура воздуха (°C), компоненты вектора скорости U_x, U_y, U_z (м/с), атмосферное давление, квадраты пульсаций компонент скорости, потоки пульсационных потоков тепла, метана, углекислого газа, водяного пара, компоненты скорости трения на плоскости, производные концентраций метана, углекислого газа, водяного пара, температуры, компонент вектора скорости, атмосферного давления, а также некоторые взаимодействия в виде произведений: концентраций метана и углекислого газа, концентраций метана и водяного пара, концентраций метана и температуры, концентраций и соответствующих компонент вектора скорости, концентрации метана и атмосферного давления, концентрации водяного пара и температуры, концентрации углекислого газа и температуры, концентрации углекислого газа и водяного пара, атмосферное давление, осредненное по 30 минутным интервалам, плотность воздуха, поток углекислого газа, поток скрытого тепла, относительная влажность, суммарная радиация, альbedo, коротковолновая радиация падающая и отраженная, длинноволновая радиация падающая и отраженная, температура и влажность почвы на глубинах 1(25 см) и 2(15 см), фар, кинетическая энергия турбулентности, температура на поверхности почвы, рассчитанной по длинноволновой радиации, скорость трения.
- Анализируется посуточно

Метод анализа

- Используется метод главных компонент. Корреляционная матрица строилась из попарных коэффициентов корреляции между соответствующими признаками. Между разными парами переменных могло быть разное число наблюдений, так как некорректные значения исключались из дальнейшего рассмотрения



- Рис.2 Собственные числа корреляционной матрицы по данным за 8 августа 2012г
- Рис.2 представляет собой типичное распределение собственных чисел корреляционных матриц за каждый день августа 2012 г. Из этого рисунка видно, что по принципу Кэттела выделяется 6 факторов, а по широко распространенному принципу - 13 факторов, причем 13 факторов объясняют примерно 90 процентов дисперсии признаков, а 6 факторов объясняют примерно 70 процентов общей дисперсии, а два фактора – около половины. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать структуру первых шести признаков в течении месяца.

Обозначения

- T – температура воздуха,
- R – суммарная радиация,
- T_{s_1}, T_{s_2} – температура почвы на глубинах 1 и 2,
- H_{s_1}, H_{s_2} – объемная влажность почвы на этих же глубинах соответственно,
- FAR – фотосинтетически активная радиация ,
- KET – кинетическая энергия турбулентности, которая считалась как сумма кинетических энергий осредненных соответствующих компонент вектора скорости (не пульсаций),
- U_* - скорость трения,
- U_x, U_y, U_z - компоненты скорости.
- $R_{l\text{downwell}}$ – падающая длинноволновая радиация
- $R_{l\text{upwell}}$ – отраженная длинноволновая радиация
- $\langle \rangle$ - операция осреднения с периодом осреднения 1 минута

Коэффициенты корреляции между концентрациями парниковых газов и некоторыми показателями

	1 августа			21 августа		
	CH ₄	CO	H ₂ O	CH ₄	CO ₂	H ₂ O
T	-0,65	-0,38	0,58	-0,77	-0,60	-0,75
U*	-0,20	0,27	-0,15	-0,60	-0,31	-0,44
KET	-0,45	-0,26	0,31	-0,55	-0,34	-0,43
R	-0,62	-0,23	0,54	-0,65	-0,35	-0,52
FAR	-0,62	-0,26	0,55	-0,67	-0,37	-0,53
T _{s1}	0,15	-0,19	0,27	0,59	0,24	0,47
T _{s2}	-0,11	-0,38	-0,37	-0,08	-0,43	-0,35
H _{s1}	-0,15	0,19	-0,26	-0,61	-0,25	-0,49
H _{s2}	0,09	0,38	-0,37	0,24	0,09	0,29
P	-0,13	-	0,56	-0,59	-0,18	-0,44
albedo	-0,35	0,09	0,17	-0,56	0	-0,16

Факторные нагрузки некоторых переменных (продолжение)

Date	01.08.	02.08.	03.08.	08.08.	11.08	15.08
Variable						
альбедо	-0,55 (F6)	0,48 (F1)	0,71 (F1)	0,66 (F1)	-0,61 (F5)	0,69 (F1)
T	-0,93 (F1)	0,91 (F1)	0,90 (F1)	0,83 (F1)	0,76 (F2)	0,93 (F1)
R	-0,91 (F1)	0,81 (F1)	-0,68 F11	0,67 (F1)	0,90 (F1)	0,80 (F1)
Ts ₁	0,93 (F4)	0,57 (F2)	0,89 (F2)	0,82 (F8)	-0,78 (F1)	-0,91 (F7)
Ts ₂	0,88 (F4)	0,80 (F2)	0,84 (F2)	0,79 (F2)	0,94 (F2)	-0,83 (F3)
Hs ₁	-0,93 (F4)	0,58 (F2)	-0,81 (F2)	-0,67 (F8)	0,76 (F1)	0,91 (F7)
Hs ₂	-0,88 (F4)	0,80 (F2)	-0,84 (F2)	-0,79 (F2)	-0,94 (F2)	0,79 (F3)
FAR	-0,94 (F1)	0,78 (F1)	-0,68 F11	0,69 (F1)	0,90 (F1)	0,85 (F1)
KET	-0,6 (F1)	-0,83 (F2)	-0,73 F3)	0,80 (F5)	-0,65 (F4)	-0,85 (F2)
U*	-0,85 (F2)	-0,72 (F2)	-0,82 (F3)	0,75 (F5)	0,78 (F8)	-0,96 (F2)

Дата Переменная	18.08.	21.08	25.08	26.08	28.08
альbedo	0,69 (F1)	-0,69 (F7)	-0,71 (F1)	0,47 (F1) 0,38 (F2)	0,47 (F2) -0,46 (F5)
T	0,85 (F1)	-0,71 (F7)	0,85 (F2)	0,96 (F1)	0,874 (F1)
R	0,54 (F1)	0,79 (F1)	0,96 (F2)	0,71 (F1)	0,86 (F2)
Ts ₁	0,89 (F1)	0,82 (F3)	0,79 (F11)	0,80 (F8)	-0,64 (F2) 0,53 (F3)
Ts ₂	0,9 (F2)	0,64 (F3)	0,74 (F11)	0,90 (F9)	0,68 (F1) 0,49 (F3)
Hs ₁	-0,91 (F1)	-0,80 (F3)	-0,82 (F11)	-0,78 (F8)	0,66 (F2) -0,515 (F3)
Hs ₂	-0,86 (F2)	0,79 (F3)	-0,74 (F11)	-0,90 (F9)	0,70 (F3)
FAR	0,56 (F1)	0,79 (F1)	0,96 (F1)	0,75 (F1)	0,87 (F2)
KET	-0,74 (F3)	0,81 (F1)	-0,65 (F8)	0,87 (F2)	0,82 (F2)
U*	-0,69 (F7)	0,87 (F1)	-0,70 (F8)	-0,85 (F2)	0,80 (F2)

Факторные нагрузки ветровых характеристик и концентраций парниковых газов в отдельные дни августа 2012г

	01.08.	05.08.	13.08	22.08	26.08	31.08
CH ₄	0,53 (F1)	0,86 (F3)	-0,63 (F10)	0,80 (F4)	0,91 (F3)	-0,88(F12)
CO ₂	-0,58 (F6)	-0,72 (F2)	-0,85 (F4)	0,71 (F3)	-0,64 (F4)	0,82 (F1)
H ₂ O	-0,5 (F1)	0,86 (F2)	-0,95 (F12)	0,90 (F3)	0,99(F4)	-0,89 (F1)
H ₂ O T	-0,88 (F1)	0,79 (F2)	0,73 (F1)	0,88 (F3)	0,84 (F4)	-0,76 (F1)
U	0,9 (F9)	-0,78 (F5)	-0,5 (F6)	0,61 (F6)	0,87 (F5)	0,88 (F7)
V	0,77 (F1)	-0,92(F6)	-0,67 (F5)	0,90 (F5)	0,8 (F2)	0,89 (F7)
W	0,76 (F3)	-0,7(F5)	-0,88 (F6)	0,78 (F6)	-0,67 (F2)	0,92 (F7)
<u' ² >	-0,89 (F2)	-0,80 (F5)	0,73 (F5)	0,56 (F1)	-0,75 (F2)	-0,92 (F2)
<v' ² >	-0,96 (F2)	-0,77(F5)	0,68 (F5)	0,59 (F1)	-0,82 (F2)	-0,94(F2)
<w' ² >	-0,93 (F2)	-0,84 (F5)	0,70 (F5)	0,67 (F1)	-0,85 (F2)	-0,94 (F2)

Частота попаданий переменных в факторы

Переменная	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Альbedo	10	4	5	3	2	1
Атмосферное давление	9	9	4	3	0	0
Суммарная радиация	20	3	4	0	0	0
CH ₄ (ммоль/куб.м.)	5	3	7	3	5	1
Скорость трения U _*	7	10	3	0	3	1
FAR	20	3	4	0	0	0
H ₂ O (ммоль/куб.м.)	6	7	8	3	0	4
H ₂ O T	13	6	3	3	0	2
Относительная влажность	19	5	1	1	0	0
Hs ₁	4	8	5	3	1	1
Hs ₂	1	10	9	3	1	1
Кинетическая энергия турбулентности	8	8	3	2	3	1

(продолжение)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
$\langle w'CO_2' \rangle$	14	1	0	0	1	1
$\langle w'H_2O' \rangle$	13	2	2	0	2	1
rldownwell	22	4	0	0	0	1
rlupwell	22	4	0	0	0	1
Коротковолновая радиация	20	3	4	0	0	0
Температура воздуха	21	5	0	0	0	1
TS_1	3	10	5	2	2	1
TS_2	2	11	8	3	1	1

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ux	4	1	4	5	6	2
Uy	7	7	4	2	2	2
Uz	3	5	4	5	6	2
$\langle Ux'^2 \rangle$	8	10	3	0	3	0
$\langle Uy'^2 \rangle$	8	10	3	0	3	0
$\langle Uz'^2 \rangle$	8	10	3	0	3	0
DCH ₄	0	0	0	0	1	2
DCO ₂	0	0	0	2	2	5
DH ₂ O	0	0	0	5	2	5
DP	0	0	0	1	3	6
DT	0	0	0	1	3	6
Dux	0	0	0	5	5	2
DUy	0	0	0	2	5	3

Выводы

- К основным информативным показателям относятся:
- Температура воздуха
- Относительная влажность
- Суммарная радиация
- Температура и влажность почвы на разных глубинах
- ФАР
- Кинетическая энергия турбулентности
- Атмосферное давление
- Динамическая скорость или скорость трения
- Произведение концентрации водяного пара и температуры
-
- Поэтому регрессионные модели, в которых учитываются только одна или нескольких этих переменная типа температуры воздуха являются неполными, так как в них пренебрегаются другими факторами. Возможно, у авторов работ просто не хватало данных наблюдений.
-
- 1. Из рассмотренных пар произведений оставить в дальнейшем рассмотрении произведение концентрации водяного пара и температуры воздуха.
- 2. Структура факторов меняется от суток к суткам.
- 3. В регрессионных моделях, описывающих те или иные характеристики, необходимо учитывать не только температуру воздуха, но и другие характеристики.

Литература

- Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А., Ипполитов И.И., Кабанов М.В. Влияние ландшафтных и гидрометеорологических условий на эмиссию CO₂ в торфоболотных экосистемах // Доклады академии наук, 2008, т.418, N4, с.539-542 (переводная версия Influence of landscape and hydrometeorological conditions on CO₂ emission in peatland ecosystems Golovatskaya E.A., Dyukarev E.A., Ippolitov I.I., Kabanov M.V. Doklady Earth Sciences. 2008. T.418, N1 с.187-190)
- Лапина Л.Э., Успенский И.М., Михайлов О.А. Факторный анализ концентрации парниковых газов и других параметров с мезоолиготрофного болота Мэдл-Пэв-Нюр//Труды Коми научного центра, N187, с.94-108
- Лапина Л.Э., Михайлов О.А., 2014б Суточная динамика углекислого газа, метана, водяного пара и температуры воздуха на мезоолиготрофном болоте//Труды международной конференции по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды. Томск, 28.06 -05.07.2014, 220-221с. www.scert.ru/f/418/mainPart/env_abs_14_all_int.pdf
- Михайлов О.А., 2013а Сезонная динамика вертикальных потоков CO₂ в приземном слое атмосферы на мезоолиготрофном болоте средней тайги //Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук – Сыктывкар, 2013. 132с.
- Михайлов О.А., Загирова С.В., Мигловец М.Н., Вилле К., 2013б Потоки диоксида углерода в экосистеме мезоолиготрофного болота в переходный период осень-зима //Сибирский экологический журнал, 2013, N2, с.181-187.
- Михайлов О.А., Загирова С.В., Гончарова Н.Н., Мигловец М.Н., 2013с Суточная динамика CO₂ в системе «болото-атмосфера» в период отсутствия активной вегетации растений //Известия Коми научного центра, 2013, с.35-40
- Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод М., Мир, 1967 (перевод с книги D.N.Lawley, A.E.Maxwell Factor analysis as a statistical method, London, Butterworth, 1963)
- Дж.О.Ким, Ч.У.Мьюллер Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы (перевод с –Jae-On Kim, Charles W.Mueller Factor analysis:Statistical Methods and Practical Issues (Eleventh Printing, 1986)// Факторный, дискриминантный и кластерный анализ, М., Финансы и статистика, 1989, с.5-77
- Торфяные ресурсы Республики Коми. – Сыктывкар. 2000. -613с.
- Шустиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д., 2005 Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. М., наука, 2005, т.2.

Спасибо за внимание!

