УДК 911.52

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПОЛИСТОВО-ЛОВАТСКОЙ БОЛОТНОЙ СИСТЕМЕ – 2011

Шипкова Г. В.[1], Мартынова М. И.[1], Федоров Ю. А.[1], Яблоков М. С.[2], Фурман К. И.[1]

[1]*ФГАОУ ВПО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия (344090, Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40), e-mail: fizgeo@sfedu.ru, galina_shipkova@mail.ru, maymars@mail.ru, fedorov@sfedu.ru*
[2]*ФГБУ Государственный природный заповедник Полистовский, Псковская область, Россия (182840, пос. Бежаницы, ул. Советская, д. 9б), e-mail: office@polistovsky.ru*

Приведены результаты комплексных ландшафтных исследований территории Полистово-Ловатской системы верховых болот, крупнейшей в Европе. В летний период 2007–2011 гг. изучались структура, экологическое состояние и кратковременная динамика природных комплексов, а также продуктивность и зеленая масса клюквы, с 2011 г. начались экспериментальные биогеохимические исследования. Работы сосредоточены в разных типах микроландшафтов: грядово-мочажинных микроландшафтах, сосново-кустарничково-сфагновых и пушициево-сфагновых сообществах верховых болот, сфагновых топях, лесах минеральных островов, прибрежных участках озер и рек. Проложены ландшафтные профили с ключевыми участками, отобраны пробы воды, торфа, почв и донных отложений на определение содержания, потоков метана и химического анализа. Выявлены современные геоэкологические особенности изучаемой территории, рассчитана формула, связывающая содержания метана в водной среде и его потоки.

Ключевые слова: болотная система, ландшафты, сообщества, метан, потоки, динамика.

FIELD RESEARCHES IN POLISTO-LOVAT MIRE SYSTEM – 2011

Shipkova G. V.[1], Martynova M. I[1], Fedorov U. A.[1], Yablokov M. S.[2], Furman K. I.[1]

[1]*Southen Federal University, Rostov-on-Don, Russia (344090, Rostov-on-Don, Zorge street, 40), e-mail: fizgeo@sfedu.ru, galina_shipkova@mail.ru, maymars@mail.ru, fedorov@sfedu.ru*
[2]*Polistovsky State Reserve, Pskov region, Russia (182840, Beganitsy, Sovete street, 9b), e-mail: office@polistovsky.ru*

The results of the complex landscape investigations of Polisto-Lovat mire system, the largest one in the Europe, are given in this paper. In the summer seasons of 2007–2011 the structure, ecological state, short-term landscape dynamics, green mass and productivity of Oxycoccos palustris were studied, and experimental biogeochemical research was started in summer of 2011. Particular emphasis of our research was focused on the different types of microlandscapes: hummock-hollow complexes, dwarf shrub-cottongrass-sphagnum bog with rare pine, sedge-sphagnum zone, lagg, forests in mineral depositions, coastal lake and river sites. The landscape profiles with control plots were set up, the samples of water, peat, soils and lake depositions were collected to define CH_4 concentrations and emission and to study the chemical composition. The modern geoecological features of investigated area were defined, the formula correlating CH_4 content in water and its emission was created.

Key words: mire system, landscapes, associations, methane, emission, dynamics.

Болота играют важнейшую роль в регулировании климата, водного баланса и биоразнообразия занимаемой ими и прилегающей территории. Они являются стоком для CO_2 и источником CH_4. Это естественный фильтр на пути миграции тяжелых металлов из атмосферы в водоемы и водотоки.

Объект исследования – Полистово-Ловатская болотная система, *цель* – изучение современного состояния, динамики и процессов, происходящих в экосистеме верхового болота. *Задачи:* продолжение закладки физико-географических профилей с ключевыми участками, изучение состояния водоемов, отбор проб растений, почвы, торфа, донных отложений и воды для анализа содержания метана, некоторых макроэлементов и тяжелых металлов, а также определения потоков метана. В течение четырех лет изучалась

продуктивность клюквы в различных типах природных комплексов болотной системы, выявлялись закономерности восстановления ресурсов ягодников. Интерес представляет выявление закономерностей распределения и концентраций изучаемых элементов и газа в микроландшафтах в зависимости от типов растительных ассоциаций, гидрологии, рельефа, подстилающих пород, микроклиматических и сезонных условий.

Данное исследование продолжает серию работ ЮФУ, других вузов и научно-исследовательских организаций России, заложенную экспедициями начала XX в. под руководством В. Н. Сукачева (1909–1914 гг., Псковское губернское ведомство). Поэтому фактические литературные и картографические данные о флоре, фауне, строении торфяной залежи были получены В. Н. Сукачевым (1910), С. М. Филатовым (1911, 1913), А. Р. Каксом (1914), Р. И. Аболиным (1914, 1915) по итогам работ. Второй период исследования территории начался в 1928 г. и явился следствием дождливого и неурожайного лета, когда начался отток населения из глубинных районов болотного массива. Одновременно с этим проводились геоботанические исследования Луговым институтом. Работами по изучению болот левобережья руководила З. Н. Смирнова (ее материалы были утрачены). Правобережье изучала И. Д. Богдановская-Гиенэф, по итогам ее исследований опубликована классическая монография по верховым болотам (Богдановская-Гиенэф, 1969). Третий этап начался с образованием заповедников, научные исследования утратили природопользовательский характер, в настоящее время они базируются на изучении процессов в геосистемах Полистово-Ловатской болотной системы в связи с их уникальностью и охраной.

Полистово-Ловатская болотная система (200 тыс. га) расположена в Псковской области, в 300 км к югу от Санкт-Петербурга [13], в междуречье рр. Полисть и Ловать, впадающих в оз. Ильмень (рис. 1). Около половины площади крупнейшей в Европе системы верховых болот охраняется двумя заповедниками – Полистовским и Рдейским, разделенными административной границей. Система состоит из 15 слившихся олиготрофных болотных массивов и относятся к Ладожско-Ильменско-Западнодвинской провинции олиготрофных грядово-мочажинных болот зоны выпуклых олиготрофных торфяников [2]. Положение в обширном понижении, наличие глинистого водоупора вызвали заболачивание и заторфовывание территории. Распространенны болотно-подзолистые, торфяно-глеевые, торфяные болотные (преобладающие, большой мощности) и дерново-подзолистые почвы с постоянным избыточным увлажнением слабоминерализованными почвенно-грунтовыми водами. В зоне низинных и переходных (северная прибрежная часть оз. Полисто) болот почвы – торфяные болотные со смешанными и жесткими почвенно-грунтовыми водами. На относительно возвышенной южной окраине территории – почвы дерново-слабоподзолистые глееватые супесчаные, на озерно-ледниковых супесях, песках, суглинках с кратковременным

избыточным увлажнением, поверхностно-почвенными водами. На периферии встречаются – торфянисто- и торфяно-подзолисто-глеевые супесчаные и песчаные пылеватые с избыточным увлажнением и дерново-слабоподзолистые супесчаные и песчаные пылеватые с нормальным увлажнением, подстилаемые на глубине 25–50 см моренными суглинками.

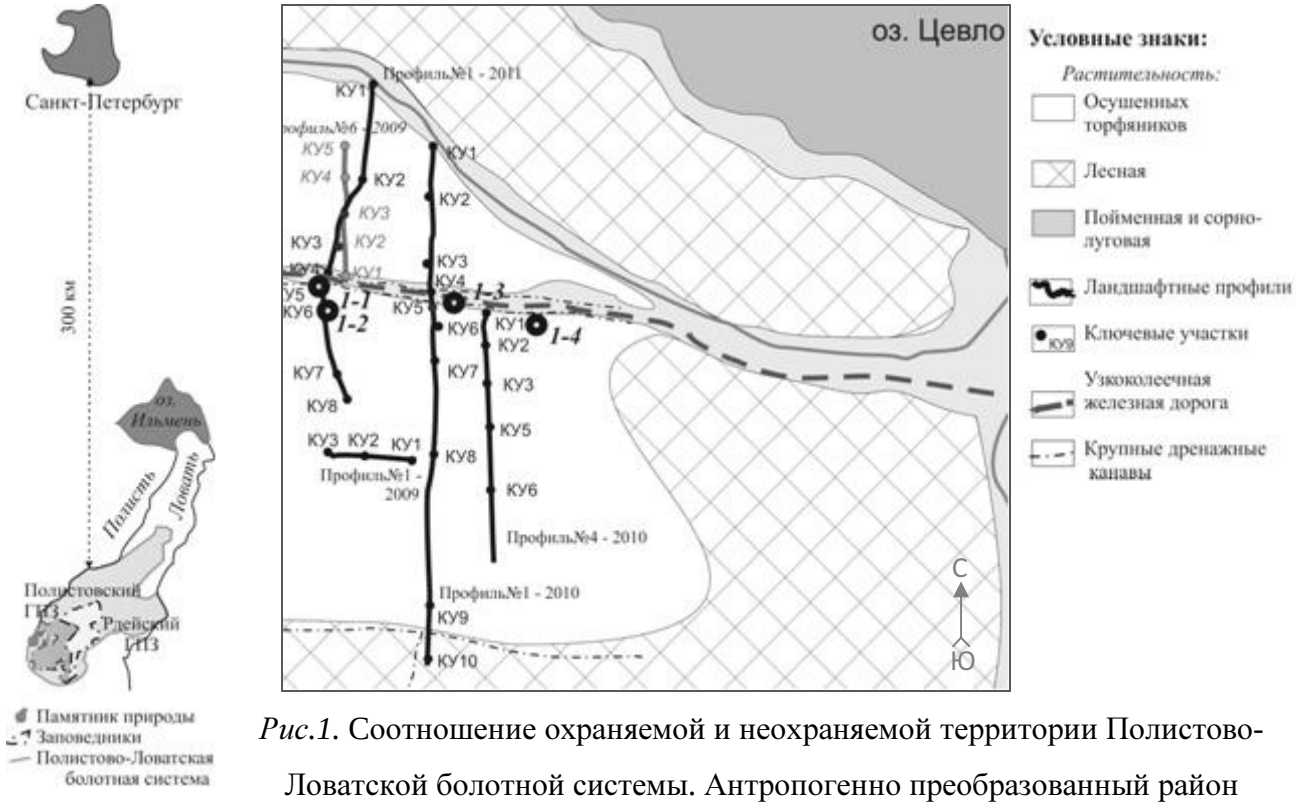

Рис.1. Соотношение охраняемой и неохраняемой территории Полистово-Ловатской болотной системы. Антропогенно преобразованный район исследований (торфоразработки) [составлено авторами]

Полистово-Ловатский массив отличается большой мощностью *торфа:* средняя – 3,5–5,0 м, в районе северных озер – 6,00–8,25 [1], под вершиной западной ложбины – 4–5 м. Степень разложения торфа от 10–15 % до 50–60 %. На большей части массива верховая часть залежи подстилается толщей низинных торфов 2,0–2,5 м мощностью. В западной ложбине вместо низинных торфов залегает слой сапропеля до 1,5–2,0 м и даже до 4,0 м мощности. Переход в верховую стадию у различных торфяников, входящих в состав Полистово-Ловатского массива, произошел в бореальное время. Образование шейхцериевых торфов, занимающих большую площадь в Полистово-Ловатской системе, относится к литориновому времени [1]. Здесь сочетаются виды, свойственные торфяникам средней и северо-западной торфяно-болотной областей, также торфяники озерного происхождения сочетаются с возникшими на минеральных грунтах. Верховые виды залежи наиболее распространены и разнообразны, особенно магелланикум-торф, из переходных – обычен шейхцериевый торф.

Среди природных комплексов преобладают водно-болотные, большое количество озер, рек первичного и вторичного происхождения. Самые крупные озера: Русское, Межницкое, Кокоревское, Долгое, Круглое, Цевло, реки: Полисть, Ловать, Хлавица,

Плавница, Страдница, Осьянка, Порусья, Цевла. В структуре ландшафтов доминируют сосново-пушициево-сфагновые, грядово-мочажинные, вершинные сосново-сфагновые, озерно-денудационные комплексы, сфагновые переходные топи (около 73 % территории). По восточным окраинам болотной системы распространены широколиственные породы, по южным и западным – елово-широколиственные леса, по северной окрайке – флора лесов минеральных островов (моренных отложений среди болотного массива) ближе к таежной.

В настоящее время объекты и процессы, воздействующие на данную территорию, условно можно условно разделить на *линейные* (дороги, искусственные водные пути, мелиоративная сеть, ЛЭП) и *площадные* (нежилые и жилые деревни, торфоразработки, бывшие сельхозугодья, и вырубки леса (сплошные и выборочные). Также накладывают отпечаток на состояние экосистем пожары, последствия сбора грибов, ягод, охоты, рыболовства. Пашни и сенокосы локально либо имели место до заповедования, либо фрагментарно остаются на соседней территории. В пос. Цевло можно увидеть несколько кабин от самоходных узкоколейных электростанций (ЭСУ2а) и тепловозов (ТУ6А), торфобрикетный завод, разрушенные нежилые и производственные здания.

Специализация хозяйства территории, прилегающей к заповеднику, – молочно-мясное скотоводство, при сокращении объемов производства, картофелеводство, в основном в личных подсобных хозяйствах, заготовка сена. Крупное промышленное предприятие ОАО «Стеклозавод «Красный Луч» – одно из старейших в стекольной отрасли России, единственное в районе подобного масштаба. На соседних с заповедником территориях добывается песок, ведется заготовка древесины, во многих местах несанкционированно.

Среди природных катастрофических факторов, воздействующих на местные экосистемы, выделяются лесные пожары, довольно частое явление для исследуемой болотной системы (связаны с деятельностью человека, погодными условиями). Степень вовлеченности разных типов природных комплексов в природно-антропогенные пожары выглядит следующим образом (по мере увеличения): водно-болотные → луговые → лесные ландшафты на торфянистой почве. В июле 2002 г. выпало всего 2 мм осадков, что вызвало наиболее значительные пожары. Кроме того, сказался эффект мелиораций прошлых лет.

Не затронутые катастрофическими природными и антропогенными воздействиями участки более устойчивы, например, не подвергшиеся пожаром леса минеральных островов относительно стабильны, они в основном молодые одновозрастные (вследствие более ранних повсеместных вырубок, но дальнейшего развития без участия человека). Ландшафты Полистовского заповедника, будучи наименее нарушенными геосистемами, важны для поддержания биологического разнообразия, воспроизводства биоресурсов, регулирования водного режима рек прилегающей территории, как значимая часть экологического каркаса.

Сложность природных условий, в особенности, в глубине болотного массива, заброшенность дорог, отсутствие зимников, кордонов, постоянного населения затрудняют мониторинговые исследования, в том числе пожарные и лесопатологические, с другой стороны, сохраняют уникальность крупнейшего в Европе нетронутого Полистово-Ловатского болотного массива.

Материалы и методы исследования. В основу работы положен фактический материал, собранный сотрудниками кафедры физической географии, экологии и охраны природы Южного федерального университета в период 2007–2011 гг., особенно в летний период 2011 г. в юго-западной части Полистово-Ловатской болотной системы (рис. 2). *Комплексные физико-географические исследования* заключаются в заложении системы физико-географических профилей (табл. 1), с ключевыми участками, отборе проб растений (*Ledum palustre* L.), почв, торфа, донных отложений и воды для анализа содержания метана, некоторых макроэлементов и тяжелых металлов, а также определения потоков метана (табл. 2, 3). Изучалась продуктивность клюквы в различных типах природных комплексов болотного массива, выявлялись закономерности восстановления ресурсов ягодников при смене типов природопользования.

Профилирование проводилось по классической методике через неровности рельефа, сочетания различных типов почвенных условий и растительных сообществ. На ключевых участках фиксировались состояние и динамика природных комплексов, лесотаксационные характеристики (высота, диаметр, возраст, бонитет, полнота, жизненное состояние и пр.), а также экологические нарушения (ветровал, сухостой, пожар, антропогенные воздействия); далее были выявлены закономерности протекания природных процессов.

Таблица 1

Количество профилей, заложенное в пределах разных типов природных комплексов Полистовского заповедника и его окрестностей [4, с дополнениями]

Типы ПК	2007	2008	2009	2010	2011
Лесные и луговые ландшафты	3	3	2	3	-
Лесо-болотные ландшафты	2	2	2	2	2
Водно-болотные ландшафты	2	3	6	4	3

В пределах ключевых участков закладывались пробные площадки (1 м^2) для определения ресурсных показателей клюквы (запаса зеленой массы, коэффициента урожайности зеленой массы). Подсчитывалось количество товарных побегов клюквы (молодые и повреждённые растения не учитывались), затем собиралась вся сырьевая фитомасса и взвешивалась. Определялись проективное покрытие (%), морфометрические показатели растения. Запас зелёной массы (Y) рассчитывался по формуле $Y = S_{\text{проективного}}$

покрытия*(m ± 2%m), где m – масса, 2 %m – ошибка среднего арифметического, S – площадь исследуемой территории. Коэффициент урожайности зелёной массы (К) клюквы определялся по формуле: К = S проективного покрытия * 0,01 (Q * q), где Q – сумма количества побегов, q – среднее количество листьев, S – площадь исследуемой территории.

Таблица 2

Количество отобранных проб в различных ландшафтах и микроландшафтах, лето – 2011

Дата, 2011	Отобрано проб			Ландшафты/микроланшафты (номера станций отбора проб)
	На содержание и поток CH_4	На содержание элементов	∑	
25.06	4	4	8	Антропогенно преобразованные сосново-сфагново-пушициевые болота, пирогенные, переходящие в кустарничковые сосняк и березняк (1), прибрежная зона озера Цевло (2)
26.06	3	8	11	
27.06	3	0	3	Место впадения реки в озеро (3-1), прибрежная зона озера Полисто (3-2)
28.06	2	4	6	Мочажина грядово-мочажинного комплекса (ГМК) (4-1), кустарничково-сфагново-пушициевые сообщества верховых болот (4-2)
30.06	6	9	15	Мочажина ГМК (5-1), вахтово-шейхцериево-сфагновая топь (5-2), прибрежная зона оз. Долгое (5-3), ельник с примесью осины минерального острова Чистый (5-4), ельник с примесью березы минерального о. Алексеевский (5-5)
1.07	6	0	6	Черная мочажина ГМК (6-1), осоково-шейхцериево-сфагновая топь (6-2), мочажина ГМК без открытой водной поверхности (6-3), кустарничково-пушициево-сфагновая растительность (6-4)
2.07	9	4	12	Дренажная канава (7-1), прибрежная зона оз. Озерявское (7-2), впадение реки Цевлы в оз. Озерявское (7-3)
Итого	33	29	62	

Биогеохимические исследования заключались в изучении содержания метана, макроэлементов (Fe, Al), тяжелых металлов (Hg, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Pb) в растениях, воде, почвах, донных отложениях, а также определении потоков метана в атмосферу. Содержание и потоки метана исследовали по методике, описанной в работах [11, 12]. Для химического анализа почвы донные отложения отбирали послойно, в частности, на ртуть – по модифицированной методике отбора и подготовки проб.

Районы исследования. Работы велись в грядово-мочажинных микроландшафтах, на сфагновых топях, сосново-кустарничково-сфагновых и пушициево-сфагновых сообществах, прибрежных участках озер и рек (рис. 2). Результаты ландшафтного профилирования через разные типы природных комплексов с выделением типичных таксономических единиц вошли в летопись природы Полистовского ГПЗ 2009–2011 гг. Положение станций опробования характеризовалось различными условиями (табл. 3, рис. 3). Состояние растительных сообществ, содержание химических элементов и ресурсные показатели клюквы различались на естественных и преобразованных человеком участках.

Рис. 2. Станции отбора проб в западной и юго-западной частях Полистово-Ловатской болотной системы (Псковская область) в рамках экспедиции 2011 г.

Естественные болотные микроландшафты. Мочажина грядово-мочажинного комплекса (ГМК) в 2 км к востоку от с. Ратчи (станция 4–1), сфагново-пушициевая, с

открытыми выходами болотной воды – 5 см, очевидно, ниже, чем в предыдущие годы. В мочажинах вода темного цвета, кислая (pH 4,0, табл. 4). Еще одна, сфагновая, более обводненная мочажина ГМК (5–1, к востоку от истока р. Плавница, уровень болотных вод -15 см), прозрачный цвет воды и меньше органики. *Черная мочажина ГМК* (6–1, к северу от о. Волчий, выходы болотной воды 5 см) высохшая – органика осталась на поверхности болота. Вода ниже уровня прошлых лет из-за маловодности лета 2011. В пределах *Грядово-мочажинный комплекса (ГМК)* в 1,0 км к северо-востоку от урочища Несвино (6–3) уровень болотных вод -6 см. Для *кустарничково-пушициево-сфагнового болота*, облесенного сосной (6–4), на той же территории – соответственно -15 см.

Кустарничково-сфагново-пушициевое сообщество (зимник на д. Ухошино, станция 4–2) сформировалось на торфяной олиготрофной, типичной пушициево-сфагновой среднемощной почве [3]. Первые 0,8 см – дерновый слой, до 8 см в глубину – темно-коричневый цвет, далее – резкое изменение на более светлый.

Таблица 3

Станции биогеохимических исследований, июнь-июль – 2011

Место	№ пробы	Координаты	Метео-обстановка	t, °C		Гидрологические условия		
				воды	воздуха	течение, м/с	ширина русла, м	Расстояние от берега/ глубина, м
Узкоколейка, 1,6 км к северо-западо-западу от пос. Цевло.	1-1 (Ст, пт)	N 57°02’52,7”, E 30°14’57,5”	Переменная облачность, слабый ветер	-	25	-		
	1-2 (Пв)	N 57°02’53,3”, E 30°14’58,8”		18	25	0	0,8	0,3/1,3
	1-3 (Пп, пт)	N 57°02’51,0”, E 30°15’17,0”		-	23	-		
	1-4 (пп)	N 57°02’50,5”, E 30°15’17,0”		-	25	-		

оз. Цевло, прибрежная зона	2-1 (Пв, Св)	N 57°03’10,1” , E 30°16’21,4”	Ветер, перемен-ная облачность	18	20	0,2	-	1,5/0,4
Впадение р. Цевла в о. Полисто	3-1 Св	N 57°9’32,4” , E 30°23’46,5”	Перем. облачность , слабый ветер	20	26	0,5	15	3/1
оз.Полисто, прибрежная зона	3-2 (Пв, Св)	N 57°12’58” , E 30°26’6,2”				0,3	-	1,5/0,3
ГМК, 2,5 км к СВ от д.Ручьи	4-1 (Пв, Св)	N 57°14’17,9” , E 30°28’26,2”	Солнечно, слабый ветер	17	28	0	-	-/0,05
1,8 км к северо-северо-востоку от д. Ручьи, зимник на д. Ухошино	4-2 пт	N 57°14’32,5”, E 30°27’04,1”		-	29	-		
ГМК, 0,8км к СВВ от истока р. Плавница	5-1 (Св)	N 57°06’28,6” , E 30°24’28,5”		26	30	0	-	-/0,15
Топь, 2 км к СВВ от истока р. Плавница	5-2 (Пв)	N 57°06’28,6” , E 30°24’28,5”	Солнечно, слабый ветер	26	30	0	-	-/0,18
Северо-западная прибрежная зона оз. Долгое	5-3 (Пв, Св, Сдо, пдо)	N 57°06’30,5” , E 30°28’30,5”		26,5	29	0,4	-	3/1,3
Минеральный остров Чистый	5-4 (пп)	N 57°06’55,7”, E 30°26’24,6”	Солнечно, ветер	-	29	-		
Минеральный остров Алексеевский	5-5 (пп)	N 57°06’07,1”, E 30°23’30,8”	Солнечно, слабый ветер	-	28	-		
Черная мочажина к СВ от о. Волчий,	6-1 (Пв, Св)	N 57°03’45” , E 30°27’28,5”	Солнечно, ветер	23	32	-	-	-/0,5

Участок топи к СВ от о. Волчий	6-2 (Пв, Св)	N 57°03’45,3”, E 30°27’27,0”				-	-	-/-0,03
1 км к СВ от д. Несвино	6-3 (Св)					-	-	-/-0,06
	6-4 (Св)					-	-	-/-0,15
Окраина д. Цевло (дренажная канава)	7-1 (Пв, Св)	N 57°03’04,2”, E 30°16’49,7”		24	31	0	5	0,5/0,3
Оз. Озерявское, прибрежная зона	7-2 (Пв, Св, Сдо, пдо)	N 57°04’20,9”, E 30°19’54,0”		26	31	0,5	озеро	5-7/0,6-0,7
Впадение реки в озеро	7-3 (Пв, Св)	N 57°04’41,5”, E 30°20’04,0”				0,2	8	3/0,4

Ст – содержание метана в торфе, Пт – поток метана с поверхности торфа, Пв – поток метана с поверхности воды, Св – содержание метана в воде, Пт – поток метана с поверхности торфа; пт – проба торфа, пп – почвы, пдо – донных отложений; ГМК – грядово-мочажинный комплекс (пробы воды мочажин)

Осоково-шейхцериево-сфагновая топь (6–2, к северу от минерального острова Волчий) не имеет открытых выходов воды, погружена под мох на 3 см. Участки топи имеют pH 4,5 (табл. 4). При прохождении по маршруту и физическом уплотнении поверхности отчетливо ощущался запах сероводорода в районе участка данной сфагновой топи. *Вахтово-шейхцериево-сфагновая топь* (5–2) – зона разгрузки болотных вод (их уровень 18 см) с высокой степенью обводненности и частичным угнетением растительности.

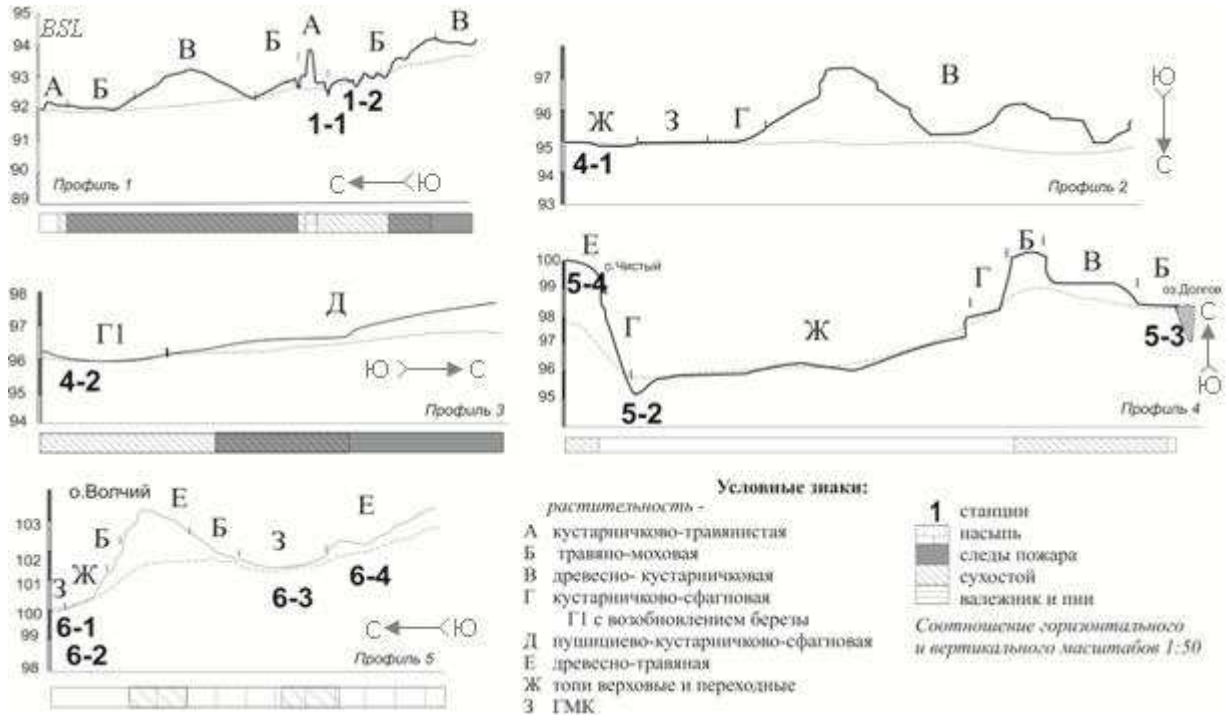

Рис. 3. Положение некоторых станций опробования в пределах ландшафтных профилей – лето 2011

Участки болота, нарушенного *торфоразработками* (с 80-х до начало 90-х гг.), в окрестностях д. Цевло и д. Городовик подвергались в прошлом низовым пожарам. Сеть мелиоративных канав, созданных для осушения, значительно подорвала экологическое равновесие естественных комплексов – произошла смена растительности, изменились свойства почв. Вода канав из-за большого количества органики имеет темный цвет. При удалении от канав моховая растительность деградирована: сфагнум утрачен, зеленый мох в усыхающем состоянии, выпадает клюква, пушица, местами обнажается торф, часто встречаются выгоревшие участки [5]. Станции отбора 1-1–1-4 находятся в пределах антропогенно преобразованных сосново-сфагново-пушициевых болот, подвергшихся неоднократно пожарам, которые постепенно превращаются в кустарничковые сосняки-зеленомошники с примесью березы. При отборе проб торфа было снято 2 мм опада листвы с поверхности. Если на станциях 1-1 и 1-2 торф представлен слаборазложившимися растительными остатками, то на 1-3 и 1-4 идет процесс почвообразования, эти участки облесены в большей степени. На станции 1-4 цвет почвы резко меняется на более светлый с глубины 12 см.

Среди прочих *земель хозяйственного использования* – дренажная канава на окраине пос. Цевло, с поверхности которой отбирались пробы на поток метана и содержание газа в воде. С берегов канава не зарастает водной растительностью, зато на ее поверхности обильная ряска.

Среди *водоемов и водотоков* также можно выделить естественные и преобразованные, или созданные человеком. Озеро *Цевло* (прибрежная зона отбора), расположенное на окраине обширной Полистовской болотной системы. Из-за проводившихся торфоразработок, повлиявших на уровенный режим, изменение водных запасов, водообмен, озеро стало интенсивно заселяться водной растительностью как с берегов (осоки, тростник), так и по всей площади (камыш). Глубина озера в месте отбора проб – 0,3 м (табл. 3). Донные отложения песчаные, местами перекрыты тонким слоем ила.

Озеро *Полисто*, р. Цевла и прибрежные территории являются памятником природы. Озеро очень мелкое (до 3 м глубиной, в месте отбора – 0,4 м), скорость течения воды – 0,2 м/с. Донные отложения песчаные, перекрытые тонким слоем ила. Берега зарастают тростником, сабельником болотным. Гидрохимические показатели воды оз. Полисто различаются по сезонам года. Озеро проточное, в него впадает р. Цевла, вытекающая из одноименного водоема, а вытекает р. Полисть, впадающая затем в оз. Ильмень. Озера Полисто и Цевло образовались на месте древнего озерно-ледникового водоема. Дно выровненное, песчанно-каменное, местами заиленное. Берега озера низкие, заболоченные, береговая линия изрезана слабо. Прозрачность воды в июне-августе 2005 г. была оценена от 0,4 до 0,7 по Диску Секки [3], цвет буроватый (высокое содержание гуминовых кислот в водоеме из-за приноса в водоем болотных вод), а температура – от 17,5 до 20,3, pH 6,5-6,9 – слабокислая среда. Температура соответственно составляла 20-22 °С и 13 °С, прозрачность 0,4–0,6 и 0,4–0,5, pH возрастал осенью (6,18) по сравнению с летним периодом (5,97–6,6), а содержание кислорода и процент насыщения им воды снижался (соответственно от 10,4-13,2 мг/л и 111,7–121,3 % до 9,9–13,2 мг/л и 92,0–118,0 %) [3]. Кислородный режим в летний период можно считать нормальным, т.к. в озерах преобладает фотосинтез и увеличивается pH. Это характерно для мелководных озер. Осенью и зимой фотосинтез замедляется, начинают преобладать процессы окисления органических веществ, в подледный период снижается содержание кислорода и накапливается углекислота, что может приводить к заморам рыб в озерах. Для уменьшения данного процесса необходима организация в ледяном покрове «окон». Озера имеют высокую перманганатную окисляемость, соответственно, высокое содержание гуминовых кислот в воде. Перепроизводство органики, а также гуминовые кислоты в условиях относительно малой концентрации кислорода и кислой реакции среды может вызвать в зимний период ее гумификацию, а последняя – разложение солей продуктами этого процесса, что приводит к уменьшению общей минерализации воды. Это тоже может служить показателем процесса дистрофикации. Малое количество ионов фосфатов и нитратов – следствие использования их зелеными и сине-зелеными водорослями в питании, а также вследствие дистрофикации озера.

Внутренние озера – Долгое и Круглое (площадь менее 0,5 км²) – глухие, их берега образованы торфяными сплавинами, глубины в прибрежье не менее 1 м, водосборы заняты верховыми болотами. Высшая водная растительность – мхи и небольшие куртины кубышки желтой. Озеро Долгое в месте отбора проб имеет скорость течения воды – 0,4 м/с, pH 4,9, общую жесткость 0,25 мг-экв./л, Содержание растворенного кислорода – 12,0 мг O_2 перманганатную окисляемость – 62,5 мг О/л [3]. Эти показатели для водных объектов исследуемой территории находятся в определенной зависимости друг от друга (рис. 4).

Озеро *Озерявское* в прибрежной зоне (7–2) исследовалось на содержание и поток метана с поверхности воды, содержание газа донных отложениях. Донные отложения представлены илом с примесью песка (до глубины 6–8 см), глубже их состав резко сменяется на песчаный, слабо заиленный. Доля илистой фракции в отложениях оз. Озерявского больше аналогичного показателя для оз. Цевло и Полисто.

Река *Цевла* в месте впадения в озеро Полисто имеет большую глубину и ширину русла, чем при впадении в оз. Озерявское. Донные отложения в их верхнем слое (6–8 см) представлены илом с примесью песка, глубже 8–10 см отложения песчаные слабо заиленные, причем они резко меняют свой состав с илистого на песчаный. Из-за мелиораций прошлых лет, связанных с торфоразработками, р. Цевла обмелела.

Исследованные *минеральные острова* – о. Чистый и о. Алексеевский – заняты ельниками с примесью осины (первый) и березы (второй). Почва о. Чистый имеет бурый цвет и сильнее обеднена элементами минерального питания из-за положения внутри болотного массива и больших относительных высот, по сравнению с о. Алексеевским, почва которого коричневого цвета. Почвы этих островов имеют супесчаный состав.

Анализ данных [3], показал, что перманганатная окисляемость (ПО) изменяется в пределах 45,0–142.5 мг О/л (в среднем – 72,5 мг О/л), значения pH – от 4,5 до 6,8 (в среднем 5,06), содержание кислорода от 0,5 до 12,1 мг /л (в среднем – 7,35 мг/л). Отметим две важные особенности: 1) заметное подкисление воды в направлении вода озер и открытых русел рек → вода мочажин, западин и топей; 2) в этом же направлении происходит снижение молекулярного кислорода и повышение содержания величины ПО. Для сравнения приведем сведения по величинам ПО в водах бассейна реки Северная Двина, находящихся под влиянием природного стока из болотных экосистем, хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод . Они находятся в пределах: 12.3- 32.1 мг О/л – в водах реки Северная Двина, 14,6 – 37,3 мг О/л – в коммунально-бытовых водах и 60,2-75,2 мг О/л – в сильно загрязненных стоками целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК) водных объектах [6]. Таким образом, в водах озер и рек Полистово-Ловатской болотной системы величина ПО превышает содержание данного ингредиента в водах реки Северная Двина примерно в

2–5 раз и приближается к концентрации в коммунально-бытовых и сильно загрязненных стоках ЦБК. Для вод болотной системы установлена обратная зависимость между концентрацией ПО, с одной стороны, и содержанием растворенного кислорода и значением pH – с другой (рис. 4). Значения pH в водах реки Северная Двина имеют слабо-щелочную реакцию и колеблются в пределах 7,4–8,1, что хорошо соответствует зависимости, приведенной на рис. 4а. Величина ПО, как показано в работах [7–10], в основном характеризует содержание лабильного органического вещества и близко к концентрации фульвокислот. Они отличаются своим относительно небольшим молекулярным весом и могут создавать устойчивые комплексы с многовалентными катионами: Fe^{+++}, Al^{+++}, Cu^{++} и Hg^{++}. Высокое содержание лабильного органического вещества типа фульвокислот наряду с кислой и слабокислой реакцией среды резко усиливают миграцию ТМ в растворенной форме, что важно для понимания механизмов и процессов их массопереноса в болотных экосистемах.

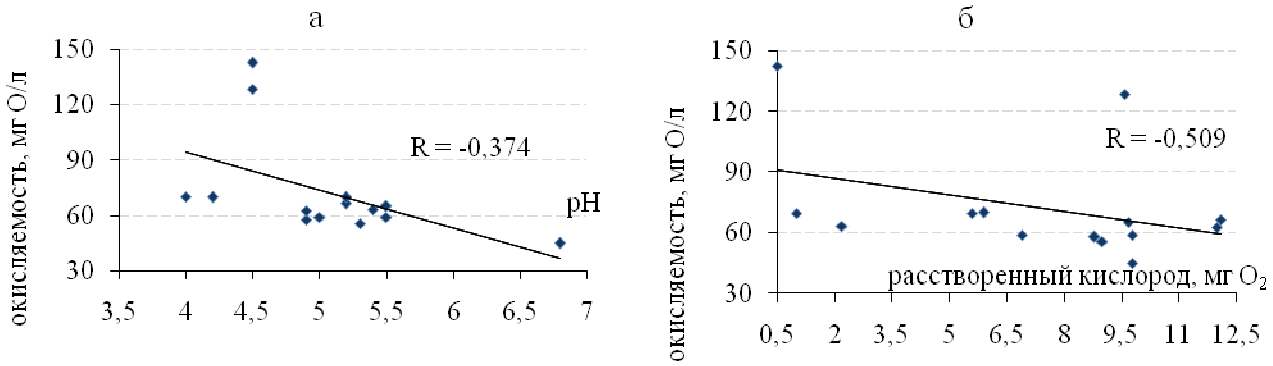

Рис. 4. Зависимость перманганатной окисляемости воды озер Полистово-Ловатского массива от pH (а) и содержания растворенного кислорода (б) (построено по данным работы [3])

Итак, на территории исследований преобладают верховые болотные комплексы, обедненные элементами минерального питания и уязвимые даже к незначительным видам антропогенного воздействия. Пожары, которым наиболее подвержены торфянистые почвы, также нарушают естественное развитие экосистем. Относительная сохранность болотной системы обеспечена заповедным режимом. Болота играют огромную положительную роль – они дают начало рекам и фильтруют речную воду от тяжелых металлов и примесей. Дальнейшие исследования и обработка материала позволят проследить закономерности распределения и поведения химических элементов в зависимости от локальных физико-химических и биогеохимических условий в различных микроландшафтах болотной системы.

Список литературы

1. *Богдановская-Гиенеф И. Д.* Закономерности формирования сфагновых болот на примере Полистово-Ловатского болотного массива. М., 1969.
2. *Кац Н. Ю.* Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М., 1948. 320 с.
3. Летопись природы Полистовского государственного природного заповедника. Бежаницы, 2008, 2010.
4. *Мартынова М. И.* Геосистемы Полистово-Ловатского болотного массива как составляющая экологического каркаса территории: особенности изучения и охраны // Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе. Новгород-Валдай, 2011.
5. *Мартынова М. И., Яблоков М. С., Шипкова Г. В., Михайлова Е. А.* Современные природные комплексы окраинных лесов Полистово-Ловатского болотного массива // Известия Вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. №2. С. 127-130.
6. Ртуть в устьевой области реки Северная Двина / А. Э. Овсепян, Ю. А. Федоров. – Ростов-на-Дону; Москва: ЗАО «Ростиздат», 2011. 198 с.; ISBN – 978-5-75091274-2.
7. *Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Овсепян А. Э., Кузнецов А. Н.* Основные результаты экспедиционных исследований на Северной Двине и Двинской губе Белого моря // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Ростов-на-Дону. 2005. №3. С.95-100.
8. *Федоров Ю. А., Овсепян А. Э., Коробов В. Б.* Особенности распределения, миграции и трансформации ртути в водах устьевой области р. Северная Двина // Метеорология и гидрология. 2010. №4. С. 85-92.
9. *Федоров Ю. А., Овсепян А. Э., Коробов В. Б., Доценко И. В.* Донные отложения и их роль в загрязнении ртутью поверхностных вод (на примере р. Северная Двина и Двинской губы Белого моря) // Метеорология и гидрология. 2010. №5. С. 44-45.
10. *Федоров Ю. А., Овсепян А. Э., Лисицын А. П., Доценко И. В., Новигатский А. Н., Шевченко А. П.* Закономерности распределения ртути в донных отложениях по разрезу река Северная Двина – Белое море // Доклады академии наук. 2011. Т. 436, №1. С. 99-102.
11. *Федоров Ю. А., Гарькуша Д. Н., Хромов М. И.* Эмиссия метана с торфяных залежей Иласского болотного массива Архангельской области // Изв. РГО. 2008. Т.140. Вып. 5.
12. *Федоров Ю. А., Тамбиева Н. С., Гарькуша Д. Н., Хорошевская В. О.* Метан в водных экосистемах: 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-на-Дону; М.: ЗАО «Ростиздат», 2007. 330 с.

13. *Galanina O. V.* Application of cartographic approach to the study of the vegetation of Polisto-lovat mire system // Biodiversity and conservation of boreal nature. The Finnish Environment 485: 130-136. 2003.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-5658.2012.5, Г/К П1102, РФФИ 12-05-00420.

Рецензенты:

Богучарсков Виктор Трофимович, доктор географических наук, профессор, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.

Петр Михайлович Лурье, доктор географических наук, профессор, ведущий метеоролог Северо-Кавказского гидрометеорологического центра, г. Ростов-на-Дону.