

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЧАСТКОВ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ У ОЗ. НИЖНЕЕ ПАДОЗЕРО (КАРЕЛИЯ)

С. А. Кутенков

*Институт биологии Карельского научного центра РАН
185610 г. Петрозаводск, Пушкинская, д. 11, e-mail: effort@krc.karelia.ru*

При помощи градиентного анализа исследована связь напочвенного растительного покрова болотных лесов с рядом гидрохимических показателей, сомкнутостью древостоя и глубиной торфа. Показано, что ведущий растительный градиент связан с трофностью и в наибольшей степени коррелирует с показателями pH, Eh, концентрацией растворённого кислорода, активностью ионов кальция (pCa) и сомкнутостью древостоев. Второй градиент связан с различными типами водно-минерального питания, с ним средне коррелирует глубина торфа, температура и pH. При помощи самописцев получен ход уровня болотно-грунтовых вод на трёх участках с различной растительностью. Проведено построение простой имитационной модели уровня вод, оценены основные составляющие гидрологического бюджета участков. Наибольшие значения реакции уровня на выпадающие осадки, расчётного испарения и стока получены для ельника таволгового, занимающего крайковое положение на болотном массиве.

Ключевые слова: болотные экосистемы, растительность, экологические факторы, водно-минеральное питание, градиентный анализ, уровень грунтовых вод, имитационное моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Нижнее Падозеро (61°53'22" с.ш., 33°54'07" в.д.) расположено в среднетаёжной подзоне Карелии, в условиях озёрно-ледниковой равнины. Коренные породы датируются здесь ранним протерозоем и представлены в основном доломитами [Шаров, 2004 (Sharov, 2004)]. Они перекрываются четвертичными отложениями озёрно-ледникового генезиса, в составе которых преобладают глины и суглинки, иногда с примесью песка и алеврита. Относительно небольшая глубина озера, близость карбонатных пород, разгрузка подземных вод, влияние паводков обусловили формирование широкого спектра болотных экосистем [Кутенков, Миронов, 2012 (Kutenkov, Mironov, 2012); Миронов, 2012 (Mironov, 2012)]. Прилегающая местность довольно заболочена, оз. Н. Падозеро контактирует с болотами на протяжении 45% береговой линии. Общая площадь болот составляет 2.86 км², из них 0.43 км² приходится на открытые участки, 2.43 км² занимают болотные леса.

Облесённые участки отличаются высоким разнообразием растительности. На самом нижнем уровне, окаймляя приозерные открытые участки, развиваются березняки осоково-вахтовые. На большем удалении от берега распространены сосняки болотно-травяные, несущие признаки влияния грунтовых карбонатных вод. Участки, где отсутствует выраженное влияние паводковых и грунтовых вод, заняты сосняками мезоолиготрофными травяно-сфагновыми и олиготрофными кустарничково-сфагновыми. Вблизи суходолов, на глинистых отложениях, перекрытых неглубоким торфом, развиваются ельники таволговые. Подробнее состав растительных сообществ и стратиграфия торфяной залежи приводились ранее [Кутенков, Миронов, 2012 (Kutenkov, Mironov, 2012)].

Цель настоящей работы состояла в выявлении связи растительности болотных лесов с гидрологическим режимом и гидрохимическими показателями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования выполнялись автором в 2009–2015 гг. маршрутным методом. Геоботанические описания велись в пределах однородных участков растительности на пробных площадях размером 400 м². Основные показатели древостоя определялись глазомерным способом. Для нижних ярусов растительности фиксировался видовой состав и проективное покрытие видов (%). Мощность торфяной залежи на участках измерялась с помощью торфяного бура Гиллера. Всего выполнено 79 геоботанических описаний растительности.

Измерения гидрохимических показателей проводились на всех пробных площадях с помощью портативного прибора-анализатора воды «Анион – 7051» в июне–июле 2015 г. Измерялись следующие параметры: температура (t°C), общая минерализация (в пересчёте на NaCl), pH, редокс-потенциал (Eh), концентрация растворённого кислорода (O₂), а также активность ионов Ca²⁺ (pCa). Измерения проводились в приповерхностных водах корнеобитаемого слоя растений, а также обитаемого слоя мохообразных.

Градиентный анализ выполнен методом неметрического шкалирования (NMS) [Kruskal, Wish, 1978]. Использованы данные по проективным покрытиям видов нижних ярусов растительности. Для расчёта нагрузки на оси, использовалось сопоставление значений расстояний в ординационном пространстве с коэффициентом Сьёренсена, полученным для первичной матрицы. Для инструментально измеренных значений факторов среды рассчитан коэффициент корреляции Пирсона с осями ординации. В анализ также включены данные по глубине торфа (Depth) и сомкнутости древостоя (Canopy). Обработка материала проводилась в пакете PC-ORD v. 6.0 [McCune, Mefford, 2011].

Изучение хода уровня болотно-грунтовых вод (далее – УБГВ) проводилось при помощи регистраторов Solinst 3001 Levellogger Junior LT M5 в трёх биотопах на болотном массиве к югу от оз. Н. Падозеро: 1) L1 – сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото (*Pinus sylvestris*–*Chamaedaphne calyculata*+*Eriophorum vaginatum*–*Sphagnum angustifolium*); 2) L2 – сосняк болотно-травяной (*Pinus sylvestris*–*Phragmites australis*–*Menyanthes trifoliata*–*Sphagnum warnstorffii*); 3) L3 – ельник таволговый (*Picea × fennica*–*Filipendula ulmaria*).

Близкое положение логгеров (менее 1 км) в пределах единого массива позволило пронаблюдать УБГВ для различных биотопов в идентичных климатических условиях. Использован суточный шаг измерений в периоды с мая по октябрь 2014–2015 гг. Влияние изменений атмосферного давления компенсировано по данным ближайшей, расположенной в 20 км вос-

точнее, метеостанции (г. Петрозаводск, здесь и далее данные Росгидромета, предоставленные ООО «Расписание Погоды» на сайте gr5.ru).

Для оценки составляющих гидрологического бюджета на участках с различной растительностью разработаны упрощённые имитационные модели хода УБГВ. Общая формула расчёта суточного УБГВ имеет следующий вид:

$$\text{УБГВ}_i = \text{УБГВ}_{i-1} + P_i \cdot A - B - \text{РЕТ}_i \cdot C$$

где УБГВ_{i-1} – уровень предыдущего дня; P – выпавшие за сутки осадки (мм); РЕТ – расчётная суточная эвапотранспирация (мм), рассчитанная по уравнению [Thorntwaite, 1948] с суточной адаптацией [Pereira, Puit, 2004], с использованием данных по температуре и суточному фотопериоду; A – множитель для значения осадков; B – постоянный сток с участка (мм); C – множитель для значения РЕТ. В периоды ливней иногда наблюдалось значительное расхождение динамики УБГВ и данных по осадкам с метеостанции, что связано с их локальным воздействием. В этом случае данные корректировались с учётом хода УБГВ и показаний других ближайших метеостанций. Для L3 выявлено, что часть выпавших осадков интенсивно сбрасывается поверхностным стоком в последующие сутки, что также учтено в общем уравнении модели при помощи соответствующей переменной.

Расчёт моделей проводился в MS Excel, посуточное моделирование УБГВ получалось на основе данных P и РЕТ, путём подбора значений A, B и C, до достижения наименьшей суммы квадратов разности расчётных и реальных показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 приведены значения гидрохимических показателей, глубины торфа и

сомкнутости древостоя для различных растительных ассоциаций болотных лесов.

Таблица 1. Значения факторов среды (среднее ± стандартное отклонение) для ассоциаций болотных лесов

Table 1. Environmental factors values (mean ± standard deviation) for forested mires associations

№	t, °C	NaCl, mg/l	O ₂ , mg/l	pH	Eh, mV	pCa*	Depth, cm	Canopy
1	12.1±0.55	29.2±8.06	0.34±0.299	4.9±0.12	137.4±30.47	3.4±0.09	83±41.9	0.7±0.09
2	11.2±1.2	39.2±13.81	0.39±0.127	5.5±0.31	105.4±56.55	3.0±0.38	125±91.3	0.6±0.17
3	11.6	65.7	0.02	5.57	–	3.2	100	0.8
4	11±1.62	30.9±12.99	0.49±0.468	5.3±0.39	132.3±63.54	2.9±0.413	240±71	0.5±0.16
5	10.7±1.24	26.2±7.4	1.07±0.593	4.6±0.51	199.5±75.06	3.3±0.422	181±72.6	0.4±0.12
6	10.7	28.5	0.59	4.38	–	3.6	30	0.6
7	10.5±1.33	43.2±16.26	1.23±0.603	3.9±0.1	231.8±54.67	4.3±0.819	142±64.8	0.3±0.13

Примечание. № – номер растительной ассоциации (№ of association): 1 – *Betula pubescens*–*Carex* spp.–*Calla palustris*, 2 – *Picea × fennica*–*Filipendula ulmaria*, 3 – *Alnus glutinosa*–*Athyrium filix-femina*, 4 – *P. sylvestris*–*Menyanthes trifoliata*–*Sphagnum warnstorffii*, 5 – *P. sylvestris*–*M. trifoliata*–*S. angustifolium*, 6 – *P. sylvestris*–*Equisetum sylvaticum*–*S. girgensohnii*, 7 – *P. sylvestris*–*Ledum palustre*–*S. angustifolium*. 3 и 6 ассоциация представлены только одним участком (3 and 6 association presented only by one plot), * – большие значения соответствуют меньшему содержанию активных ионов (* – higher values correspond to lower content of active ions).

Нагрузка по Сьёренсену на первую ось ординации составляет 52.1%, на второй – 24.2%. Выраженную положительную корреляцию с первой осью имеют *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Carex disperma* Dewey, евтрофные мхи *Sphagnum warnstorffii* Russow, *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Campylium pratense* (Brid.) Kindb., *Climacium dendroides* (Hedw.) Web. et Mohr., *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T.J. Кор., а также лесное мелкотравье [*Trientalis europaea* L., *Orthilia secunda* (L.) House, *Linnaea borealis* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt], *Rubus saxatilis* L. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., характерные для приствольных кочек. Отрицательную корреляцию имеют виды олиготрофных болот: кустарнички [*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Ledum palustre* L. и др.], сфагны [*Sphagnum angustifolium* (C.E.O. Jensen ex Russow) C.E.O. Jensen, *S. magellanicum* Brid., *S. russowii* Warnst. и др.],

Rubus chamaemorus L., *Eriophorum vaginatum* L. Со второй осью выраженную положительную корреляцию имеют болотные и прибрежно-водные виды, устойчивые к пойменно-аллювиальному режиму: *Carex aquatilis* Wahlenb., *C. vesicaria* L., *Comarum palustre* L., *Scutellaria galericulata* L., *Naumburgia thyrsiflora* (L.) Rchb., *Iris pseudacorus* L., *Ranunculus lingua* L., *Juncus filiformis* L., *Cicuta virosa* L., а также *Menyanthes trifoliata* L., *Calla palustris* L., среди мхов – *Climacium dendroides*, *Calliergonella lindbergii* (Mitt.) Hedenäs, *Sphagnum riparium* Ångstr., *S. girgensohnii* Russow, *S. squarrosum* Crome. Отрицательную – виды, предпочитающие богатое грунтовое питание *Galium uliginosum* L., *Carex dioica* L., *Bistorta major* Gray, *Crepis paludosa* (L.) Moench, *Sphagnum warnstorffii*, *Calliergon richardsonii* (Mitt.) Kindb., а также *Solidago virgaurea* L. и *Angelica sylvestris* L.

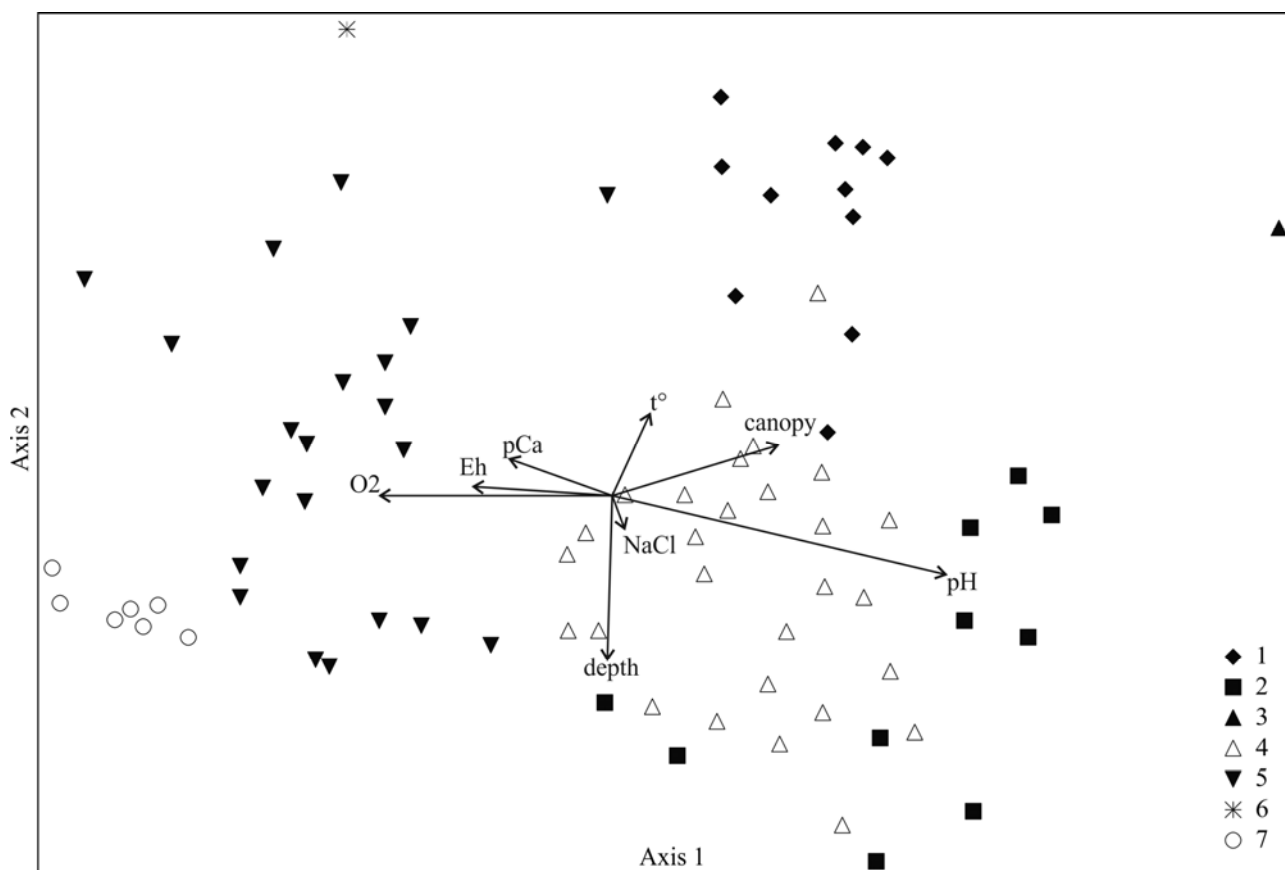


Рис. 1. Ординационная диаграмма NMS описаний болотных лесов. 1–7 растительные ассоциации (см. таблицу 1). Векторы экологических факторов приведены в соответствии с корреляцией (r) измеренных для каждого участка показателей и осей ординации (см. таблицу 2).

Fig. 1. NMS-ordination of forested mires. 1–7 association (see Table 1). Vectors of environmental factors are given in accordance with the correlation (r) of the measured factors with axes (see Table 2).

Описания участков, принадлежащие к одним растительным ассоциациям, распределены в градиентных осях относительно компактными, слабо перекрывающимися группами (рис. 1). Среди оцениваемых факторов среды

наибольшую положительную корреляцию с первой осью имеет pH и сомкнутость древостоев, отрицательную – O_2 , pCa и Eh. Со второй осью наибольшую обратную корреляцию имеет глубина торфа, меньше коррелирует pH, слабая

прямая корреляция у температуры (рис. 1, таблица 2). Статистическая обработка данных регистраторов уровня воды показала, что средний УБГВ на L2 достоверно ($\alpha < 0.05$) ниже, нежели на L1 и L3, а разница среднего уровня между L1 и L3 не достоверна. Различие дисперсий су-

точных колебаний уровня между L1 и L2 – не достоверно, тогда как на L3 достоверно выше, чем у двух других. Таким образом, наименьший средний УБГВ наблюдается в сосняке болотно-травяном, а наибольшие колебания уровня – в ельнике таволговом (рис. 2).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции факторов среды (r) и осей NMS ординации (n=79)

Table 2. Environmental factors correlations (r) with NMS ordination axes (n=79)

Axes	pH	O ₂	Canopy	Eh	pCa	t°C	Depth	NaCl
1	0.739	-0.620	0.521	-0.525	-0.412	0.250	-0.079	0.145
2	-0.358	0.003	0.288	0.124	0.247	0.368	-0.520	-0.236

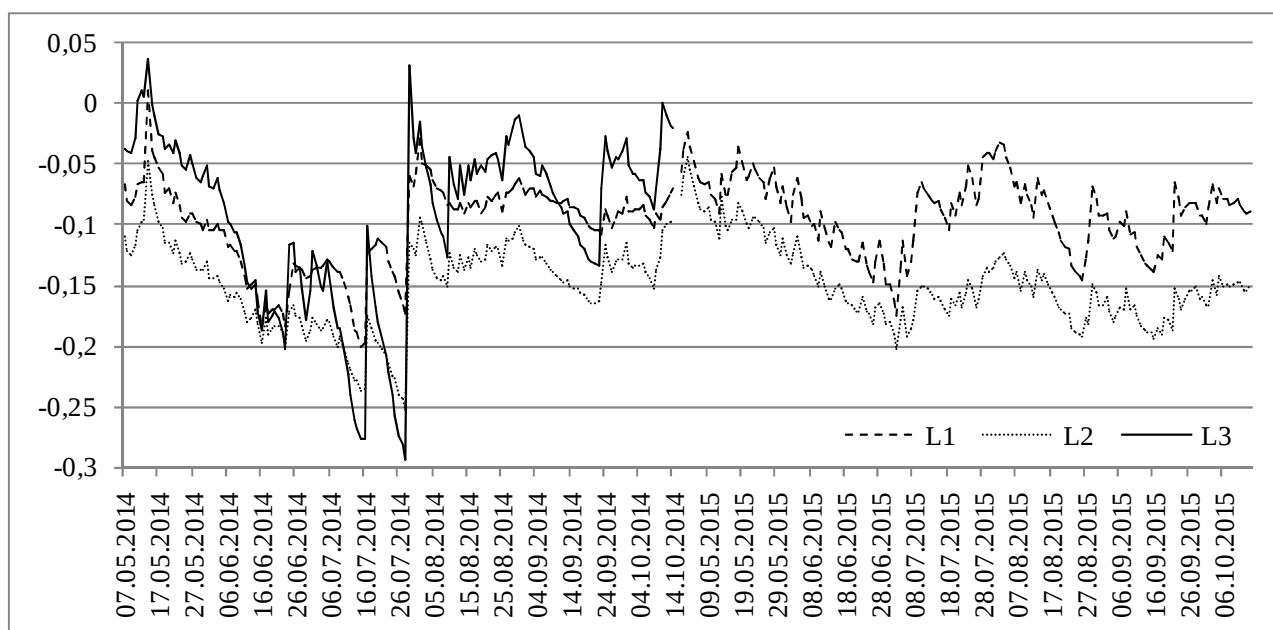


Рис. 2. Ход уровня болотно-грунтовых вод (мм) в 2014 г. (L1, L2, L3 – участки болотных лесов).

Fig.2. Water table variability (mm) in 2014 (L1, L2, L3 – sites).

Колебания УБГВ показали высокую корреляцию с количеством выпадающих осадков. Особенно сильно данная связь проявляется после весеннего схода вод, связанных с зимними осадками и отмерзанием верхнего слоя почвы, для 2014 г. – начиная с 15–17 мая, для 2015 г. – с 7 мая. На основе показателей логгеров и метеоданных разработаны упрощённые имитационные модели хода УБГВ. Полученные на основе моделирования данные имеют высокую корреляцию

($r=0.92-0.98$) с реальным ходом УБГВ. Сравнение дисперсий модельных и остаточных значений с использованием критерия Фишера показало достоверное превышение модельной дисперсии над остаточной [Коросов, Ивантер, 2011 (Korosov, Ivanter, 2011)], что позволяет считать модель адекватной наблюдаемому ходу УБГВ. Полученные модельные значения составляющих гидрологического бюджета приведены в таблице 3.

Таблица 3. Составляющие гидрологического бюджета (* – на 1 мм осадков, ** – в случае дождей в предыдущий день)

Table 3. Hydrological budget variables (* – per 1 mm of precipitation, ** – in case of rains on previous day)

Участок Site	Реакция УБГВ*, мм Level response, mm	Быстрый сброс, мм *** Surface discharge, mm	PET (среднее), мм/день PET (mean), mm/day	Сток, мм/день Runoff, mm/day
L1	1.95	0	-1.5	-2.4
L2	1.9	0	-2.3	-1.6
L3	4.7	~ -1.4	-4.2	-2.5

ОБСУЖДЕНИЕ

Первая ось NMS ординации, имеющая высокую факторную нагрузку, отражает градиент трофности, в её левой части расположены описания с олиготрофными видами – в правой – с евтрофными. Данный градиент является ведущим в формировании разнообразия болотных растительных сообществ. Высокая корреляция с первой осью значений рН ожидаема, данный фактор в случае болотных местообитаний традиционно связывается с трофностью [Елина и др., 1984 (Elina et al., 1984); Jeglum, 1991; Eurola, Huttunen, 2006]. Несколько неожиданной оказалась слабая корреляция общей минерализации с основными осями. В ходе данной работы было выявлено, что данный фактор возрастает в ряду от бедных сосняков вахтово-сфагновых к ельникам таволговым и максимален в черноольшанике. Однако в сфагновом ковре самых бедных по растительности сосняках багульниково-сфагновых он имеет значения даже выше, чем в ельниках таволговых (см. таблицу 1). Можно предположить, что это связано как с недоступностью минеральных веществ для растений в условиях повышенной кислотности, так и влиянием последней на показания ионометра. Вектор рСа (обратного логарифму активности ионов Са) направлен в противоположную от рН сторону, в более кислых болотных водах кальция меньше. Возрастание содержания кислорода в водах на более бедных участках можно объяснить меньшей метаболической активностью микроорганизмов, а также обогащением им вод за счет фотосинтеза сфагновых мхов, образующих здесь сплошной, насыщенный влагой ковер. Это же характеризуют значения редокс-потенциала. Более сомкнутые (и более высокие) древостои отражают улучшение лесорастительных условий на градиенте вдоль первой оси ординации.

Вторая ось ординации в большей мере отражает градиент от сообществ грунтового питания к испытывающим влияние паводковых вод. Ниже всех по ней расположен ельник с выраженным ключевым питанием, в верхней

части – заливаемые березняки. В условиях приречных и приозерных болотных местообитаний данный градиент имеет существенное влияние на разнообразие растительности и, при включении в анализ открытых заливных болот, начинает играть ведущую роль [Кутенков, Мионов, 2012 (Kutenkov, Mironov, 2012)].

Заливаемые сообщества имеют, в сравнении с ключевыми, меньшую глубину торфяной залежи, что вызывает высокую корреляцию оси и данного фактора. Значение температуры в данном исследовании не является надежным показателем, поскольку замеры проводились в течение достаточно длительного периода времени. Тем не менее, средняя корреляция температуры со второй осью может отражать её возрастание на градиенте от родниковых сообществ к питаемым более тёплыми поверхностными водами [Ivchenko, Znamenskiy, 2016]. Обратную зависимость имеет рН, более высокая у родниковых вод.

Реакция УБГВ на осадки, согласно полученным моделям, среди исследованных участков, максимальна в ельнике таволговом. При выпадении 1 мм осадков УБГВ в течение суток поднимается здесь на 4.7 мм, на двух других участках – на 1.9–2.0 мм. Это несколько компенсируется тем, что на следующие сутки треть поступившей в ельник влаги сбрасывается поверхностным стоком, что практически отсутствует на других участках.

РЕТ в ельнике значительно превышает расчётное испарение сосняком и сосновым сфагновым болотом (см. таблицу 3). Постоянный сток также выше в ельнике, чуть ниже – на сосновом болоте и минимальный – в сосняке. Полученные значения РЕТ близки приводимым другими исследователями для различных болотных сообществ [Lafleur et al., 2005].

Участок ельника расположен на окраине болотного массива и перехватывает воды, поступающие с суходола, условия питания здесь можно охарактеризовать как более проточные, способствующие лучшему развитию древостоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ведущим градиентом растительности болотных лесов у оз. Н. Падозеро является трофность, из инструментально замеренных гидрохимических параметров с ним в наибольшей степени связаны рН, содержание растворённого кислорода, активность ионов кальция, редокс-потенциал. Вторым по величине является градиент водно-минерального питания: на одной его стороне находятся участки с грунтовым питанием, на другой – преимущественно с пойменно-аллювиальным. Среди полученных в

ходе настоящей работы гидрохимических показателей ни один не имел сильной корреляции с данным градиентом, средняя корреляция наблюдается у рН и температуры воды.

Изучение хода УБГВ, а также его моделирование показало различия составляющих гидрологического бюджета на участках с разной растительностью. Наибольшие колебания характерны для ельника болотно-травяного (связано с его краевым положением на болотном массиве). Неполное соответствие модель-

ных и реальных данных объясняется ошибками метеоданных, удалённым положением метеостанции, суточным варьированием времени выпадения осадков, влиянием напорных вод.

Более точные исследования требуют наличия большего числа измерительных приборов и использование более сложного математического аппарата [Proulx-McInnis et al., 2013].

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность своим коллегам: В.Л. Мионову за помощь в полевых работах и С.Р. Знаменскому за ценные замечания по тексту статьи.

Работа выполнена в рамках темы госзадания ИБ КарНЦ РАН № 0221-2014-0035.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука, 1984. 128 с.
- Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию: учебное пособие. 2-е изд. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. 302 с.
- Кутенков С.А., Мионов В.Л. Особенности динамики приозёрных болот у оз. Нижнее Падозеро (южная Карелия) в голоцене // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 1(5). С. 1300–1303.
- Кутенков С.А., Мионов В.Л. Особенности растительности и торфяных отложений пойменного болота Равдучорби (Карелия) // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 6(151). С. 40–47.
- Мионов В.Л. Специфика приозёрных болот у Верхнего и Нижнего Падозера (средняя тайга) // Труды Карельского научного центра РАН. 2012. № 1. С. 132–137.
- Шаров Н.В. (ред.) Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 352 с.
- Eurola S., Huttunen A. Mire plant and their ecology in Finland // Finland – land of mires. The Finnish Environment. 2006. № 23. P. 127–144.
- Ivchenko T.G., Znamenskiy S.R. Ecological structure of plant communities on spring fens in the mountain taiga belt of the Southern Urals // Russian Journal of Ecology. 2016. Vol. 47, № 5. P. 453–459. DOI: 10.1134/S1067413616050040
- Jeglum J.K. Definition of trophic classes in wooded peatlands by means of vegetation types and plant indicators // Ann. Bot. Fennici. 1991. № 28. P. 175–192.
- Kruskal J.B., Wish M. Multidimensional Scaling // Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, № 07–011. Newbury Park: Sage Publications. 1978. 93 p.
- Lafleur P.M., Hember R.A., Stuart W.A., Roulet N.T. Annual and seasonal variability in evapotranspiration and water table at a shrub-covered bog in southern Ontario, Canada // Hydrol. Process. 2005. Vol. 19, № 18. P. 3533–3550. DOI: 10.1002/hyp.5842
- McCune B., Mefford M.J. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software, 2011.
- Pereira A.R., Pruitt W.O. Adaptation of the Thornthwaite scheme for estimating daily reference evapotranspiration // Agricultural Water Management. 2004. Vol. 66, № 3. P. 251–257.
- Proulx-McInnis S., St-Hilaire A., Rousseau A.N., Jutras S., Carrer G., Levrel G. Seasonal and monthly hydrological budgets of a fen-dominated forested watershed, James Bay region, Quebec // Hydrol. Process. 2013. Vol. 27, № 10. P. 1365–1378. DOI: 10.1002/hyp.9241
- Thornthwaite C.W. An approach toward a rational classification of climate // Geographical Review. 1948. Vol. 38, № 1. P. 55–94.

REFERENCES

- Elina G.A., Kuznetsov O.L., Maksimov A.I. 1984. Strukturno-funktsional'naya organizatsiya i dinamika bolotnykh ekosistem Karelii [Structural-functional organization and mire ecosystem dynamics in Karelia]. Leningrad: Nauka. 128 s. [In Russian]
- Eurola S., Huttunen A. 2006. Mire plant and their ecology in Finland // Finland – land of mires. The Finnish Environment. № 23. P.127–144.
- Ivanter E.V., Korosov A.V. 2011. Vvedenie v kolichestvennyu biologiyu: uchebnoe posobie. 2-e izd. [Introduction to quantitative biology: tutorial. 2nd edit.]. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU. 302 s. [In Russian]
- Ivchenko T.G., Znamenskiy S.R. 2016. Ecological structure of plant communities on spring fens in the mountain taiga belt of the Southern Urals // Russian Journal of Ecology. Vol. 47, № 5. P. 453–459. DOI: 10.1134/S1067413616050040
- Jeglum J.K. 1991. Definition of trophic classes in wooded peatlands by means of vegetation types and plant indicators // Ann. Bot. Fennici. № 28. P. 175–192.
- Kruskal J.B., Wish M. 1978. Multidimensional Scaling // Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, № 07–011. Newbury Park: Sage Publications. 93 p.

- Kutenkov S.A., Mironov V.L. 2012. Osobennosti dinamiki priozerных болот u оз. Nizhnee Padozero (yuzhnaya Kareliya) v golotsene [Features of the dynamics of limnogenous mire near Nizhnee Padozero lake (South Karelia) in Holocene] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. Vol. 14. № 1(5). S. 1300–1303. [In Russian]
- Kutenkov S.A., Mironov V.L. 2015. Osobennosti rastitel'nosti i torfyanykh otlozhenii poimennogo bolota Ravdukorbi (Kareliya) [Plant communities and peat deposit peculiarities of Ravdukorbi floodplain mire (Karelia)] // *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. № 6(151). S. 40–47. [In Russian]
- Lafleur P.M., Hember R.A., Stuart W.A., Roulet N.T. 2005. Annual and seasonal variability in evapotranspiration and water table at a shrub-covered bog in southern Ontario, Canada // *Hydrol. Process*. Vol. 19. № 18. P. 3533–3550. DOI: 10.1002/hyp.5842
- McCune B., Mefford M.J. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.0. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software.
- Mironov V.L. 2012. Spetsifika priozerных болот u Verkhnego i Nizhnego Padozera (srednyaya taiga) [Peculiarities of limnogenous mires at lakes Verkhnee and Nizhnee Padozero (middle taiga)] // *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*. № 1. S. 132–137. [In Russian]
- Pereira A.R., Pruitt W.O. 2004. Adaptation of the Thornthwaite scheme for estimating daily reference evapotranspiration // *Agricultural Water Management*. Vol. 66, № 3. P. 251–257.
- Proulx-McInnis S., St-Hilaire A., Rousseau A.N., Jutras S., Carrer G., Levrel G. 2013. Seasonal and monthly hydrological budgets of a fen-dominated forested watershed, James Bay region, Quebec // *Hydrol. Process*. Vol. 27, № 10. P. 1365–1378. DOI: 10.1002/hyp.9241
- Sharov N.V. (ed.) 2004. Glubinnoe stroenie i seismichnost' Karel'skogo regiona i ego obramleniya [Deep structure and seismicity of the Karelian Region and its surroundings]. Petrozavodsk: KarNTs RAN. 352 s. [In Russian]
- Thornthwaite C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate // *Geographical Review*. Vol. 38, № 1. P. 55–94.

HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF FORESTED MIRE SITES IN THE VICINITY OF LAKE PADOZERO (KARELIA, RUSSIA)

S. A. Kutenkov

*Institute of Biology of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences
Petrozavodsk, 185910, Russia, e-mail: effort@krc.karelia.ru*

The relationships between the groundcover vegetation and the site characteristics (hydrochemical parameters, density of tree stands canopy and peat depth) were examined by gradient analysis (NMS) based on the 79 sample plots of forested mires at Lake Padozero (Karelia, Russia). It is demonstrated that the leading gradient of vegetation is associated with the trophic status and is most correlated with pH, Eh, concentration of dissolved oxygen, activity of calcium ions (pCa) and density of stands canopy. The second gradient is associated with different types of water-mineral nutrition and has a medium correlation with the peat depth, temperature and pH. Level-loggers were used to record the dynamics of water level in three sites of forested mires with different vegetation. A simple simulation model of water table variability has been build up; the main compounds of the hydrological budget have been estimated. The highest values of the water level response to precipitation, potential evapotranspiration and runoff are obtained for the spruce site at the margin of mire massif.

Keywords: mire ecosystems, vegetation, ecological factors, mineral nutrition, gradient analysis, water level, simulation