

УДК 581.1:57.036

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ДИНАМИКУ ВОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЕРЕВЬЕВ *Betula pendula* (Betulaceae)

Г. П. Тихова, В. Б. Придача, Т. А. Сазонова

Институт леса Карельского научного центра РАН
185910, Республика Карелия, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

E-mail: tikhovag@gmail.com, pridacha@krc.karelia.ru, sazonova@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 08.02.2016 г.

Построены линейные многомерные модели для описания суточной и сезонной динамики водного потенциала (Ψ) облиственных побегов растений рода *Betula* в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха в условиях средней тайги (Южная Карелия). Выявлены однонаправленные изменения, но разная степень влияния температуры и относительной влажности воздуха на Ψ облиственных побегов берез повислой *Betula pendula* Roth и карельской *Betula pendula* Roth var. *carelica*. Показано, что увеличение температуры окружающей среды на 1 °C приводит к одинаковому снижению величины Ψ на 0.037–0.038 МПа у обеих берез ($p > 0.05$). При суточном диапазоне температур, достигающем 10–15 °C, вклад этого фактора в изменение величины Ψ побегов берез может достигать 0.57 МПа. Однако величина относительной влажности воздуха по сравнению с температурой претерпевает за сутки большие изменения, диапазон которых может составлять до 30 % между предрассветными и полуденными значениями. Кроме того, вклад относительной влажности воздуха в формирование величины Ψ у разных форм берез значительно различается ($p < 0.05$). При этом изменение значений Ψ облиственных побегов берез повислой и карельской может составить 0.46 (0.015 МПа/1 % RH) и 0.52 МПа (0.017 МПа/1 % RH) соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что береза карельская реагирует на увеличение относительной влажности воздуха большим увеличением Ψ по сравнению с березой повислой.

Ключевые слова: *Betula pendula* Roth, *Betula pendula* Roth var. *carelica*, водный потенциал, суточный биоритм, сезонная динамика, факторы среды.

DOI: 10.15372/SJFS20170106

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что жизненный цикл растений регулируется как экзо-, так и эндогенными ритмами. К эндогенным, в частности, относят циркадные ритмы, тесно связанные с изменением факторов окружающей среды, прежде всего света, температуры, влажности почвы и воздуха. Наибольший интерес к их исследованию наблюдался во второй половине XX в. (Бюннинг, 1961; Халберг, 1964; Ашофф, 1982), и к настоящему времени накоплено большое количество экспериментальных данных (McClung, 2006; Yakir et al., 2007; Harmer, 2009; Resco et al., 2009). В ряде работ внимание исследователей направлено на проблемы регуляции водного об-

мена древесных растений (Тихов, 1975; Кайбийнен, 1984, 1990; Кайбийнен, Сазонова, 1993; Nadezhdina, 1999; Sellin, Kupper, 2005; Сазонова и др., 2011; Resco de Dios et al., 2013), обусловленные влиянием экзо- и эндогенных факторов. В то же время соотношение вклада эндогенной (собственные циркадные ритмы) и экзогенной (суточные ритмические изменения параметров окружающей среды) составляющих до сих пор является предметом дискуссий. Основная проблема состоит в том, что внешние факторы воздействия и внутренние биоритмы процессов, формирующие доступный для измерения отклик, представляют собой взаимосвязанную систему компонент, влияние которых сопоставимо по силе и реакции на возмущения и стрессы.

Однако именно продолжительные сезонные наблюдения, полученные в естественных условиях обитания, позволяют получить результаты с наименьшей вероятностью смещения, обусловленного вмешательством исследователя в ходе поставленного эксперимента (Salome, McClung, 2005; Yerushalmi, Green, 2009). Применение математических методов для обработки таких данных позволит при выполнении некоторых условий дифференцировать воздействия различных факторов и оценить вклад каждого из них в формирование интегрального результата, который получается при измерении отклика (Ашофф, 1982; Glantz, Slinker, 2003).

Цель нашего исследования – оценка влияния температуры и относительной влажности воздуха на водный потенциал облиственных побегов берез повислой *Betula pendula* Roth и карельской *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Merclin) Hämet Ahti в суточной и сезонной динамике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на экспериментальных участках Института леса Карельского научного центра РАН (ИЛ КарНЦ РАН) на территории агробиологической станции КарНЦ РАН в окрестностях г. Петрозаводска (Южная Карелия, 61°45' N, 34°20' E). Объектами исследования служили 5-летние деревья березы повислой *Betula pendula* Roth с прямослойной древесиной и березы карельской *Betula pendula* Roth var. *carelica* с узорчатой древесиной, произрастающие в одинаковых почвенно-климатических условиях (Сазонова и др., 2012).

Полевые исследования проводили в суточной динамике с интервалом в 3 ч с июня по сентябрь 2009 г. в дни с разными погодными условиями. Отбор образцов осуществлен в соответствии с фенологическим развитием деревьев рода *Betula* в фазы разветвления листьев, роста листьев и побегов, окончания интенсивного роста и осеннего расцветивания листьев. В каждый срок наблюдения проводили за шестью деревьями, с каждого дерева отбирали по 3 побега со средней части кроны. Объем выборки в целом за вегетацию для берез повислой и карельской составил 756 и 755 измерений водного потенциала соответственно. Водный потенциал (Ψ) в облиственных побегах определяли с помощью камеры давления Plant Moisture Vessel SKPM 1400 (Skue Instruments Ltd., Великобритания). Метеорологические параметры регистрировали с помощью системы LI-COR 6400XT (LI-COR Inc., США).

Для обработки результатов применяли методы описательной статистики (Гланц, 1999), многофакторного дисперсионного анализа MANOVA, а также процедуру множественной линейной регрессии (Glantz, Slinker, 2003). Для перевода непрерывного интервала значений факторов окружающей среды в категориальную шкалу использовали следующее разбиение: для температуры воздуха – 0–15, 15–20 и 20–40 °С, для относительной влажности воздуха – 0–50, 50–75 и 75–100 % соответственно. Проверку гипотез на статистическую достоверность различий и значимость рассчитанных статистик осуществляли при 5%-м уровне значимости. Статистическую обработку и анализ данных выполнили с использованием программ Microsoft Excel и Statistica v. 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки вклада температуры и относительной влажности воздуха в формирование суточной и сезонной динамики водного потенциала (Ψ) облиственных побегов берез повислой и карельской проведен многофакторный дисперсионный анализ. Поскольку объем выборки не позволил провести исследование сочетанного влияния всех факторов, выделили 2 пары факторов: окружающей среды – температуру и относительную влажность воздуха, а также времени – месяц и время суток, оценку которых проводили отдельно на одной и той же выборке. В нашем случае все факториальные влияния оказались значимыми (табл. 1).

Проведенный далее статистический анализ временных рядов водного потенциала (Ψ) облиственных побегов берез повислой и карельской (рис. 1) и его зависимости от факторов окружающей среды (температуры и относительной влажности воздуха) (рис. 2) показал значимое различие ($p < 0.001$) средних значений Ψ обеих форм березы между группами, полученными при разбиении по всем доступным из наблюдений комбинациям исследуемых факторов.

Полученные результаты позволили предположить линейную зависимость значений Ψ облиственных побегов берез от времени вегетационного периода (месяц), температуры и относительной влажности воздуха. При этом отмечен криволинейный характер зависимости Ψ от времени суток. Однако исключение переменной «время суток» из модели привело к ухудшению приближения и увеличению остаточной вариации, о чем свидетельствовали значения множе-

Таблица 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния факторов окружающей среды (T, RH) и времени (M, H) на Ψ облиственных побегов берез повислой и карельской

Фактор	Число степеней свободы df	Сумма квадратов SS	Дисперсия MS	F -критерий	p -уровень
<i>Береза повислая</i>					
Температура воздуха T	2	2.61	1.30	13.79	< 0.0001
Относит. влажность RH	6	33.77	5.63	59.50	< 0.0001
Ост. дисперсия T, RH	746	70.56	0.09	—	—
Месяц M	2	17.27	8.63	64.15	< 0.0001
Время суток H	6	71.58	11.93	88.64	< 0.0001
Ост. дисперсия M, H	746	100.41	0.13	—	—
<i>Береза карельская</i>					
Температура воздуха T	2	4.06	2.03	27.56	< 0.0001
Отн. влажность RH	6	22.79	3.80	51.52	< 0.0001
Ост. дисперсия T, RH	747	55.06	0.07	—	—
Месяц M	2	5.46	2.73	23.07	< 0.0001
Время суток H	6	64.82	10.80	91.26	< 0.0001
Ост. дисперсия M, H	747	88.43	0.12	—	—

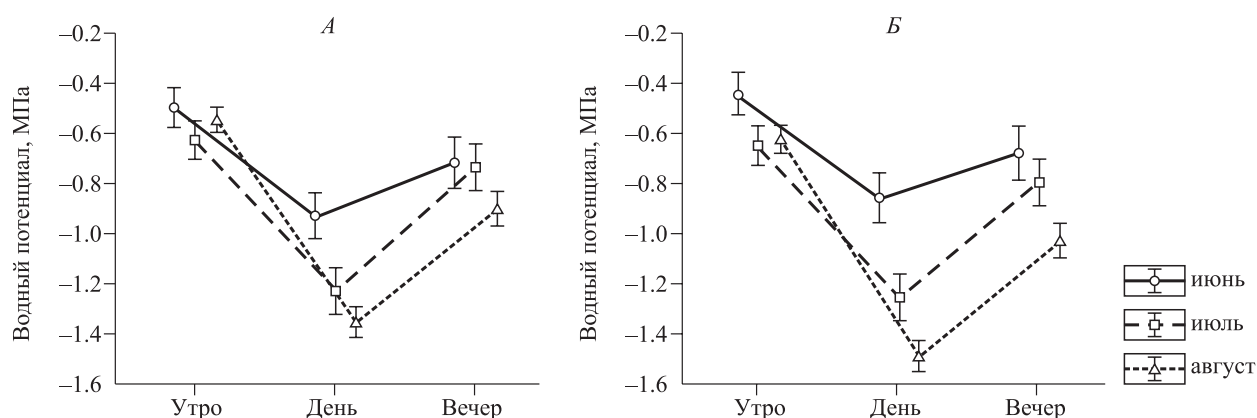


Рис. 1. Сезонная динамика суточного биоритма Ψ облиственных побегов берез повислой (А) и карельской (Б) (здесь и на рис. 2 данные представлены в виде среднего значения и 95%-го доверительного интервала).

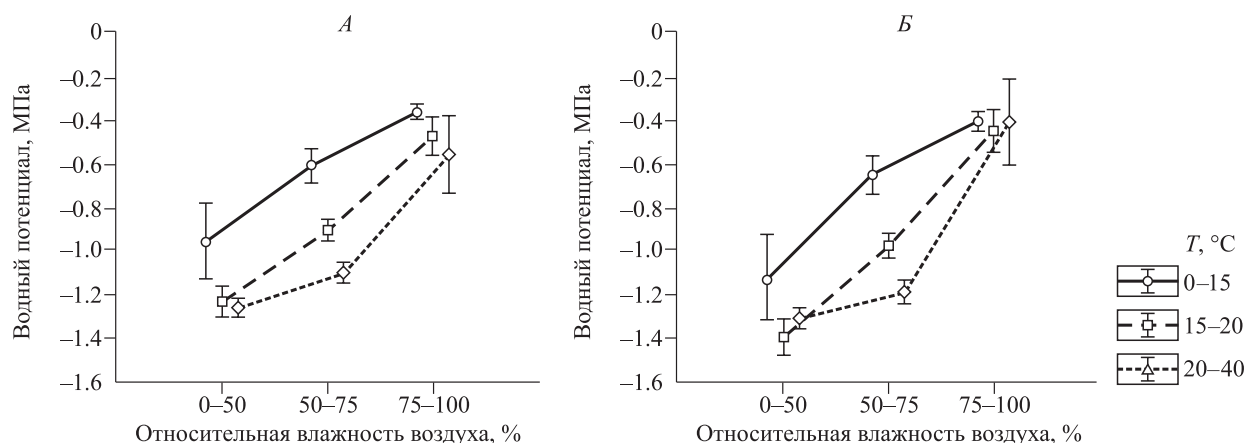


Рис. 2. Динамика биоритма Ψ облиственных побегов берез повислой (А) и карельской (Б) в зависимости от температуры ($^{\circ}C$) и относительной влажности воздуха (%).

Таблица 2. Статистические параметры модели Ψ облиственных побегов берез повислой (над чертой) и карельской (под чертой)

Параметр	Обозначение коэффициента	Значение коэффициента	<i>p</i> -уровень
Множ. коэффициент корреляции	$R_{\text{мн}}$	0.891 / 0.908	–
Сдвиг	C	0.103 / 0.428	0.47 / 0.003
Месяц M	C_M	–0.201 / –0.207	< 0.0001 / < 0.0001
Время суток H	C_H	0.0143 / 0.0157	< 0.0001 / < 0.0001
Относительная влажность RH	C_{RH}	0.0154 / 0.0172	< 0.0001 / < 0.0001
Температура T	C_T	–0.0372 / –0.0378	< 0.0001 / < 0.0001

ственного коэффициента корреляции и статистики F . В этой связи переменная «время суток» была оставлена в общей линейной модели. Таким образом, по экспериментальным данным методом множественного регрессионного анализа получена модель взаимосвязи Ψ облиственных побегов исследуемых форм берез со временем наблюдения, а также с температурой и относительной влажностью воздуха.

$$\Psi = C + C_M \cdot M + C_H \cdot H + C_{RH} \cdot RH + C_T \cdot T, \quad (1)$$

где Ψ – водный потенциал, МПа; M – месяц наблюдения; H – время суток, часы; RH – относительная влажность воздуха, %; T – температура воздуха, °С. Значения коэффициентов регрессионного уравнения и другие статистические параметры модели для берез повислой и карельской представлены в табл. 2.

Значения множественных коэффициентов корреляции, а также проверка статистической значимости моделей по Фишеру ($p < 0.01$) подтверждают адекватность предложенных формул для определения значений Ψ облиственных побегов берез. Кроме того, сравнение коэффициентов при аналогичных независимых переменных выявило однонаправленность изменений Ψ у исследуемых форм березы, но разную интенсивность динамики в зависимости от относительной влажности воздуха. Так, различие коэффициентов при переменной RH статистически значимо ($p < 0.05$). При этом коэффициенты при переменной T не имеют значимого различия ($p > 0.05$) между моделями для берез повислой и карельской. Значимые различия получены при сравнении коэффициентов при переменной M ($p < 0.05$), а также при сравнении смещений. Этот факт позволяет предположить, что при равных внешних условиях береза карельская имеет меньший Ψ , чем береза повислая. На это указывает большее, положительное и статистически

значимое ($p < 0.05$) смещение в линейной модели Ψ побегов березы карельской и статистически достоверно больший коэффициент при переменной RH ($p < 0.05$).

В дальнейшем подстановка в общую формулу расчета значений Ψ (1) для берез повислой и карельской конкретных значений переменной месяца позволила получить регрессионные уравнения с тремя независимыми переменными для каждого летнего месяца.

Для березы повислой:

$$\Psi_{\text{июнь}} = -1.103 + 0.0143 H + 0.0154 RH - 0.0372 T,$$

$$\Psi_{\text{июль}} = -1.304 + 0.0143 H + 0.0154 RH - 0.0372 T,$$

$$\Psi_{\text{август}} = -1.505 + 0.0143 H + 0.0154 RH - 0.0372 T.$$

Для березы карельской:

$$\Psi_{\text{июнь}} = -1.192 + 0.0157 H + 0.0172 RH - 0.0378 T,$$

$$\Psi_{\text{июль}} = -1.462 + 0.0157 H + 0.0172 RH - 0.0378 T,$$

$$\Psi_{\text{август}} = -1.732 + 0.0157 H + 0.0172 RH - 0.0378 T,$$

где Ψ – водный потенциал, МПа; H – время суток, часы; RH – относительная влажность воздуха, %; T – температура воздуха, °С. Коэффициенты регрессии значимо ($p < 0.0001$) отличаются от нуля при высоком уровне достоверности модели для берез как повислой ($R_{\text{мн}} = 0.87$, $p < 0.05$), так и карельской ($R_{\text{мн}} = 0.89$, $p < 0.05$). Для сравнения наблюдаемых и модельных трендов обеих форм березы (рис. 3) выбрали 5 дней из всего массива наблюдений (16, 24 июня, 1, 16 и 23 июля).

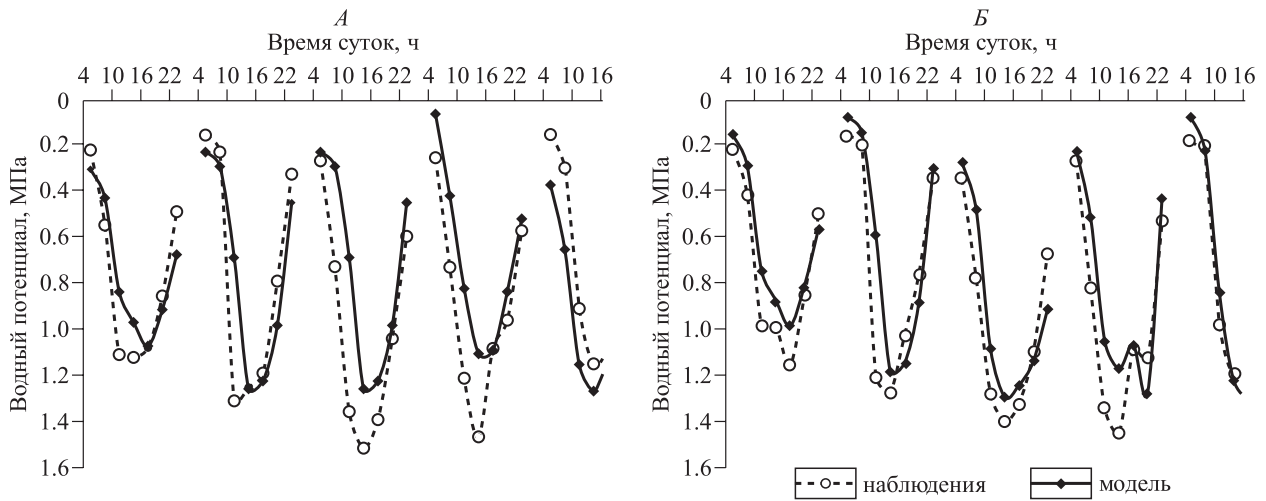


Рис. 3. Тренд наблюдений Ψ и аппроксимация методом множественной линейной регрессии для берез повислой (А) и карельской (Б).

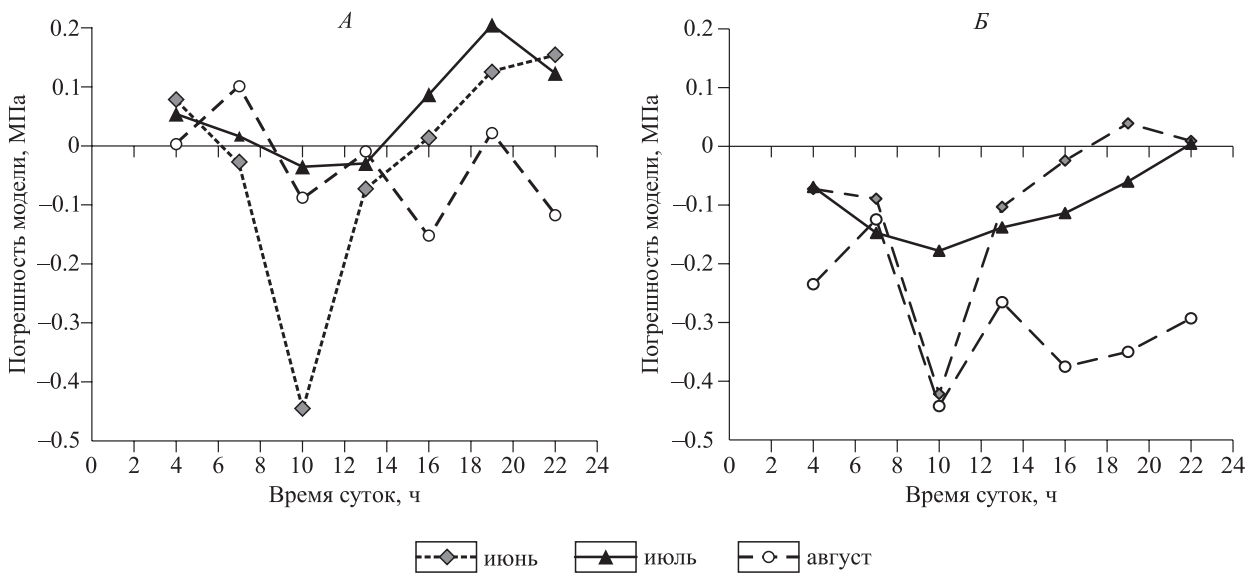


Рис. 4. Динамика погрешностей модельного расчета значений Ψ в зависимости от месяца и времени суток для берез повислой (А) и карельской (Б).

Сравнительный анализ отклонений расчетных значений Ψ облиственных побегов обеих форм березы от реальных измерений выявил наибольшую ошибку предложенных формул во временной точке, равной 10 часам утра (рис. 4).

При этом у березы карельской сравнение отклонений в этой точке по месяцам показало большую точность расчетов в июне по сравнению с июлем и августом. В целом формула аппроксимации значений Ψ побегов березы карельской наименее точно воспроизводит августовские суточные тренды исследуемого показателя, однако устойчивая тенденция снижения ошибки модели во второй половине дня сохраняется и в этом случае. Напротив, у березы повислой при

моделировании суточной динамики расчетные значения Ψ для июня и июля получаются значительно ниже эмпирических значений, а наиболее точные результаты выходят для первой половины дня независимо от месяца. В целом модельное воспроизведение суточной динамики Ψ облиственных побегов березы повислой в августе наиболее близко к реальным измерениям. Кроме того, у березы повислой распределение вероятности ошибок модели указывает на их случайную природу и отсутствие систематического смещения относительно нуля. Этот факт означает, что предложенная формула расчета Ψ объективно учитывает взвешенный вклад исследуемых факторов в конечный результат. Для

березы карельской очевидно смещение модельного представления динамики Ψ в положительную сторону, что свидетельствует о систематической ошибке, обусловленной неучтенными факторами.

Следует отметить, что исследование влияния факторов внешней среды на показатели водного статуса растения в полевых наблюдениях осложняется тем, что динамика воздействия этих факторов имеет такую же циклическую природу, что и исследуемый отклик. Решением этой проблемы может стать камеральный эксперимент, в котором исследование закономерностей влияния факторов внешней среды на биологические процессы проводят в регулируемых условиях среды с планированием схем опытов, что позволяет получить статистически надежные данные при ограниченном числе вариантов (Дроздов, Курец, 2003). Однако в определенных условиях и с некоторыми допущениями применение математических процедур позволяет дифференцировать эффект нескольких одновременно действующих факторов и выявить их индивидуальный вклад в формирование отклика. Таким методом является множественный регрессионный анализ, который мы использовали для исследования влияния температуры и относительной влажности на динамику Ψ облиственных побегов берез в разное время суток и разные периоды вегетации.

Полученные регрессионные модели выявили однонаправленные изменения, но разную степень влияния температуры и относительной влажности воздуха на Ψ облиственных побегов берез повислой и карельской. Так, при попарном сравнении коэффициентов при переменной времени суток H и температуры воздуха T не получено значимых различий ($p > 0.05$) между моделями для берез повислой и карельской. Однако коэффициенты при переменной месяца M и относительной влажности RH , а также величина смещения значимо различались ($p < 0.05$) для этих объектов. Таким образом, согласно нашим моделям, увеличение температуры окружающей среды на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к одинаковому снижению величины Ψ на $0.037\text{--}0.038$ МПа у обеих берез. При суточном диапазоне температур, достигающем $10\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$, вклад этого фактора в изменение величины Ψ побегов берез может достигать 0.57 МПа. Однако величина относительной влажности воздуха по сравнению с температурой претерпевает за сутки большие изменения, диапазон которых может составлять до 30% между предрассветными и полуденными значениями. Кроме того, вклад относительной

влажности воздуха в формирование величины Ψ у разных форм березы значимо различается ($p < 0.05$). При этом изменение значений Ψ облиственных побегов берез повислой и карельской может составить 0.46 (0.015 МПа/ 1% RH) и 0.52 МПа (0.017 МПа/ 1% RH) соответственно. Этот факт свидетельствует о том, что береза карельская реагирует на увеличение относительной влажности воздуха большим увеличением Ψ по сравнению с березой повислой. Кроме того, полученные модели позволили исследовать влияние отдельного фактора на фоне различных фиксированных уровней других факторов. Так, совместив несколько поверхностей, полученных в результате графического отображения регрессионных формул, в частности для различных уровней относительной влажности воздуха или различных месяцев вегетации, можно наглядно оценить полный диапазон изменений Ψ на протяжении всего периода наблюдений (рис. 5).

Из всех предположений, лежащих в основе предложенной модели, гипотеза о линейной зависимости значений Ψ от времени суток является наиболее уязвимой, поскольку изменение этого показателя в течение суток отражает эндогенную составляющую суточного ритма. Зависимость значений Ψ от времени суток имеет характер синусоиды или суммы нескольких гармоник (Кайбияйнен, 1984). Собственный свободно текущий ритм Ψ настраивается в соответствии со сменой света и темноты. Однако в нашем исследовании отсутствуют ночные измерения с 22 до 4 часов. При этом включение в линейную модель переменной «время суток» значимо ($p < 0.05$) увеличивало множественный коэффициент корреляции по сравнению с анализом влияния только трех независимых переменных (T , RH , M) на Ψ побегов березы как повислой (0.87 против 0.84), так и карельской (0.89 против 0.86). Кроме того, отмечено уменьшение остаточной дисперсии при введении в модель переменной «время суток». Коэффициенты при переменной «время суток» в обоих регрессионных уравнениях значимо отличались от нуля (см. табл. 2). В этой связи, а также предполагая рассматривать все факторы влияния в комплексе, мы остановились на гипотезе о линейной зависимости Ψ , в том числе и от времени суток, ограничив область определения этой переменной в нашей модели пределами от 4 до 22 часов. Отсутствие ночных измерений помимо ограничения области определения переменной времени может в целом отразиться на точности модели, поскольку остальные линейные зависи-

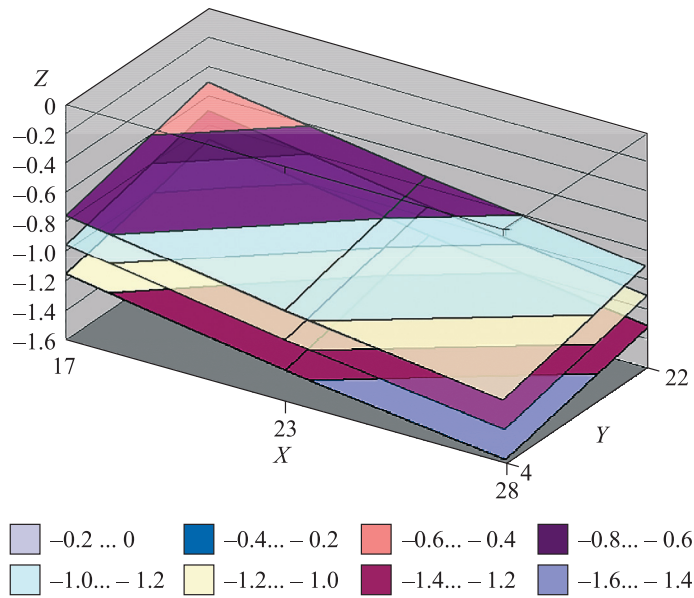


Рис. 5. Проекция значений модели Ψ при фиксированном значении относительной влажности воздуха ($RH = 60\%$). По оси X – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; по оси Y – время суток, часов; по оси Z – расчетное значение Ψ .

мости накладываются на эндогенную составляющую ритма, которая на самом деле не является линейной, а лишь отражает наклон сегмента синусоиды. Этот факт может иметь мультипликативный эффект на рост ошибок приближения в некоторых точках, где синусоида плохо аппроксимируется прямой линией. Точность модели также может быть существенно улучшена добавлением независимой переменной, отражающей освещенность, поскольку интенсивность освещения опосредованно через фотосинтетическую активность должна оказывать воздействие на величину Ψ листа. Кроме того, фотопериод задает суточный ритм всем процессам жизнедеятельности растительного организма, в том числе изменению Ψ .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные нами линейные многомерные модели суточной и сезонной динамики Ψ листа являются статистически значимыми и позволяют воспроизвести тренды Ψ облиственного побега берез повислой и карельской, зарегистрированные в течение всего вегетационного периода. Коэффициенты при аналогичных независимых переменных позволяют выявить специфическую реакцию исследуемых берез на воздействие температуры и относительной влажности воздуха. В дальнейшем с целью усовершенствования предложенной модели необ-

ходимо провести учет возможных источников ошибок моделирования, что позволит повысить точность аппроксимации и прогностическую состоятельность модели динамики Ψ в зависимости от факторов внешней среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (проекты № 0220-2014-0001 и 0220-2014-0010) и при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты № 09-04-00299-а и 13-04-00827-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ашофф Ю. Биологические ритмы. М.: Мир, 1982. 414 с.
- Бюннинг Э. Ритмы физиологических процессов. М.: Мир, 1961. 183 с.
- Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. 459 с.
- Дроздов С. Н., Курец В. К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск, 2003. 172 с.
- Кайбияйнен Л. К. Ритмологические и параметрические аспекты адаптации растений к конкретным условиям среды // Адаптация древесных растений к экстремальным условиям среды. Петрозаводск, 1984. С. 53–65.
- Кайбияйнен Л. К. Экофизиология водного режима сосны и сосновых древостоев: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16. М.: ИЭМЭЖ, 1990. 45 с.

- Кайбияйнен Л. К., Сазонова Т. А. Вариации водных потенциалов в системе «почва–растение–атмосфера» на примере сосны обыкновенной // Лесоведение. 1993. № 3. С. 41–47.
- Сазонова Т. А., Болондинский В. К., Придача В. Б. Эколого-физиологическая характеристика сосны обыкновенной. Петрозаводск: Verso, 2011. 207 с.
- Сазонова Т. А., Позднякова С. В., Придача В. Б. Особенности водного режима *Betula pendula* (Betulaceae) с нормальной и аномальной древесиной ствола в онтогенезе // Ботан. журн. 2012. № 11. С. 1435–1447.
- Тихов П. В. Суточные циклы движения пасоки по ксилеме древесных растений // Вопросы лесоведения и лесоводства в Карелии. Петрозаводск, 1975. С. 126–134.
- Халберг Ф. Временная координация физиологических функций // Биологические часы. М.: Мир, 1964. Т. 1. С. 473–481.
- Glantz S. A., Slinker B. K. Primer of applied regression and analysis of variance. N.Y.: McGraw-Hill, 2003. P. 162–318.
- Harmer S. L. The circadian system in higher plants // Annu. Rev. Plant Biol. 2009. V. 60. P. 357–377.
- McClung C. R. Plant circadian rhythms // Plant Cell. 2006. V. 18. P. 792–803.
- Nadezhkina N. Sap flow index as an indicator of plant water status // Tree Physiol. 1999. V. 19. P. 885–891.
- Resco V., Hartwell J., Hall A. Ecological implications of plants' ability to tell the time // Ecol. Letters. 2009. V. 12. P. 583–592.
- Resco de Dios V., Diaz-Sierra R., Goulden M. L., Barton C. V. M., Boer M. M., Gessler A., Ferrio J. P., Pfautsch S., Tissue D. T. Woody clockworks: circadian regulation of nighttime water use in *Eucalyptus globules* // New Phytologist. 2013. V. 200. P. 743–752.
- Salome P. A., McClung C. R. What makes the Arabidopsis clock tick on time? A review on entrainment // Plant, Cell and Environ. 2005. V. 28. P. 21–38.
- Sellin A., Kupper P. Variation in leaf conductance of silver birch: effects of irradiance, vapour pressure deficit, leaf water status and position within a crown // For. Ecol. Manag. 2005. V. 206. P. 153–166.
- Yakir E., Hilman D., Harir Y., Green R. M. Regulation of output from the plant circadian clock // FEBS J. 2007. V. 274. P. 335–345.
- Yerushalmi S., Green R. M. Evidence for the adaptive significance of circadian rhythms // Ecol. Letters. 2009. V. 12. P. 970–981.

THE INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY ON DYNAMICS OF WATER POTENTIAL IN *Betula pendula* (Betulaceae) TREES

G. P. Tikhova, V. B. Pridacha, T. A. Sazonova

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
Pushkinskaya str., 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910 Russian Federation

E-mail: tikhovag@gmail.com, pridacha@krc.karelia.ru, sazonova@krc.karelia.ru

Linear multiple models were developed to describe diurnal and seasonal dynamics of water potential (Ψ) of the foliated shoots in the plants of *Betula* genus related to air temperature and relative humidity in the middle taiga (southern Karelia). The results of the study revealed unidirectional changes, but different effect strength of air temperature and relative humidity on Ψ of the foliated shoots of common silver birch (*Betula pendula* Roth) and curly (Karelian) birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica*). It was shown that increasing air temperature 1°C results in similar decreasing of Ψ value equal to 0.037–0.038 MPa in both of the birches ($p > 0.05$). Since the diurnal air temperature range achieves 10–15 °C, the contribution of this factor may be up to 0.57 MPa. On the contrary, the contribution of relative air humidity to Ψ value differs significantly in distinct birch forms ($p < 0.05$). In this case the change range of Ψ value in silver birch and curly birch may be up to 0.46 (0.015 MPa/1 % RH) and 0.52 МПа (0.017 MPa/1 % RH), respectively. The results indicate that curly birch responds to the increase of relative air humidity with higher magnification of Ψ in comparison with common silver birch.

Keywords: *Betula pendula* Roth, *Betula pendula* Roth var. *carelica*, water potential, diurnal biorhythm, seasonal dynamics, environmental factors.

How to cite: Tikhova G. P., Pridacha V. B., Sazonova T. A. The influence of air temperature and relative humidity on dynamics of water potential in *Betula pendula* (Betulaceae) trees // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2017. N. 1: 56–64 (in Russian with English abstract).