

Анализ динамики сокодвижения у лиственницы сибирской в условиях разных сезонов роста (лесостепь Красноярского края)

Analysis of the dynamics of sap flow in Siberian larch under conditions of different growth seasons (forest-steppe of the Krasnoyarsk Territory)

Бенькова А. В.¹, Бенькова В. Е.¹, Шашкин А. В.¹, Машуков Д. А.¹, Рубцов А. В.²

Benkova A. V.¹, Benkova V. E.¹, Shashkin A. V.¹, Mashukov D. A.¹, Rubtsov A. V.²

¹Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – Обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия
E-mail: annie1977@yandex.ru; benkova@yandex.ru; shashkin@ksc.krasn.ru; mashukov1988@gmail.com

¹V. N. Sukachev Institute of Forest – department of the Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Krasnoyarsk, Russia

²ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия. E-mail: arubtsov@sfu-kars.ru

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Реферат. Статья посвящена выявлению особенностей сезонной динамики водопроведения у деревьев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Для исследования были выбраны деревья, культивированные из Мотыгинского района Красноярского края на территорию Опорно-экспедиционного пункта (ОЭП) «Погорельский бор» (56.36° с.ш., 92.95° в.д.) в 1970 г. У деревьев было измерено ствольное сокодвижение в течение вегетационных сезонов 2014 и 2015 гг. Получено, что исследованные деревья различаются по абсолютным суточным значениям и внутрисезонной динамике водопроведения. Фенологические фазы развития у этих лиственниц несинхронны. Примененный метод и измерительные приборы позволяют получать детальные данные о ходе сокодвижения, включая даты начала и конца вегетационного сезона.

Ключевые слова. Лиственница, сокодвижение, система водопроведения, погодные условия.

Summary. The article is devoted to identification of the features of seasonal sap flow dynamics in the trees of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.). Trees under examine were cultivated from the Motyginsky District of the Krasnoyarsk Krai to the Pogorelsky Bor research station (56.36° N, 92.95° E) in 1970. Stem sap flow was measured in the trees during the growing seasons of 2014 and 2015. The phenological phases of development in these larches are not synchronous. The applied method and field equipment allow to get detailed data on sap flow dynamics including the beginning and end of the vegetation season.

Key words. Larch, sap flow, water system, weather conditions.

Введение. Проблема адаптации ксилемы, основная функция которой водопроводящая, к нехватке доступной почвенной влаги в локальных климатических условиях у представителей основных лесобразующих видов в мировой литературе уделяется значительное внимание (Tyree, 2003; Rowland et al., 2014; Бенькова и др., 2015; Gleason et al., 2016 и др.). Эта проблема обострилась в последнее время по причине быстрого изменения климата на глобальном и региональном уровне (Ваганов, Шашкин, 2000). При продолжительных засушливых периодах в течение сезона роста, деревья испытывают водный стресс и нарушается их водный баланс. Система водопроведения ксилемы обеспечивает восходящий поток воды и растворённых в ней минеральных веществ от корней к листьям. Работы по измерению сокодвижения (водопроведения) в стволах и ветках у представителей разных видов древесных растений начались в 40-х гг. XX века, однако широкое распространение в мире эти узкоспециализированные исследования приобрели только в настоящее время в связи с тем, что достигнут высокий уровень автоматизации измерительных систем (Cermák et al., 2004, 2007; Tatarinov et al., 2005; Iijima et al., 2014; Urban et al., 2019; Бенькова и др., 2019 и др.).

В этой связи настоящее исследование посвящено анализу динамики сокодвижения в стволах деревьев лиственницы сибирской в разных сезонах роста.

Материалы и методы. Исследования проводились на территории Опорно-экспедиционного пункта (ОЭП) Института леса им В. Н. Сукачева (обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН) «Погорельский бор» (56.36° с.ш., 92.95° в.д., Красноярская лесостепь). Климат района резко континентальный. По данным ближайшей метеостанции п. Сухобузимо средняя температура января минус 21,5 °С, июля – 18,8 °С, среднегодовое количество осадков в период с 2006–2015 гг. составило 431 мм. Почвы дерновые, сильнооподзоленные, супесчаные (Бенькова и др, 2019).

Объектами исследования были выбраны одновозрастные деревья (PL1, PL2) из географических культур лиственницы сибирской, культивированные из Мотыгинского района Красноярского края. Расстояние между деревьями составляет около 3 м. Диаметр PL2 составлял 26 см, PL1 – 14,6 см. Более подробное описание объектов исследования приведено в работе Бенькова и др., 2019.

Для регистрации сокодвижения в работе использован приборно-измерительный комплекс производства компании EMS (Чешская республика, г. Брно), он сочетает в себе модули регистрации стволового сокодвижения по методу ТНВ (EMS-51A). Модули EMS-51A были установлены в начале сезона на деревьях PL1 и PL2. Непрерывные синхронные измерения перечисленных показателей производились с периодичностью 2 мин., которые усреднялись и регистрировались каждые 10 мин. с начала апреля по середину октября 2014 и 2015 гг.

Результаты. Исследовались два сезона роста 2014 г. и 2015 г. Приметно, что 2014 г. характеризуется сравнительно холодными условиями в начале вегетационного сезона и ранними осенними заморозками (6 сентября) по сравнению с сезоном 2015 г. (рис. 1.). Среднегодовая температура составила 1,36 °С в 2014 г. и 2,82 °С в 2015 г., соответственно. Среднегодовые осадки составили в 2015 г. – 245 мм., в 2014 г. – 420 мм.

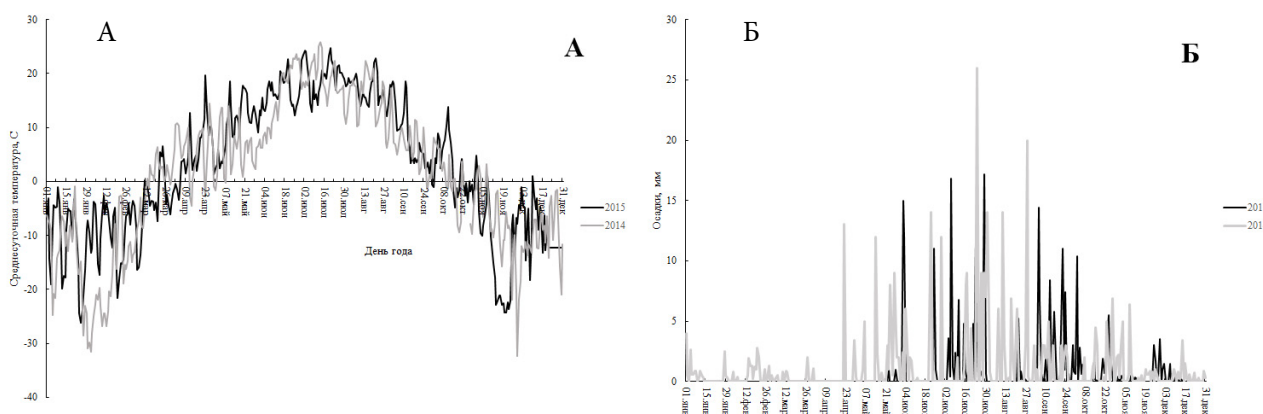


Рис. 1. Сезонная динамика температуры (А) и осадков (Б) за 2014 и 2015 гг.

Результаты измерений интенсивности сокодвижения Q в стволах деревьев лиственницы PL1 и PL2 в сезоны роста 2014 и 2015 гг. представлены на рис. 2. Исследуемые деревья схожи по колебаниям сезонной динамики сокодвижения ($R = 0,77-0,94$), но различны по амплитуде (у дерева PL1 Q в 6 раз меньше). Увеличение скорости сокодвижения с конца апреля до первой декады июня (рис. 2) у деревьев сопровождается (по натурным наблюдениям) развитием фотосинтетического аппарата (начинается охвоение); интенсивность сокодвижения возрастает до достижения максимальных значений при максимальном объеме фитомассы крон и в дальнейшем стабилизируется до конца августа. Затем до третьей декады сентября сокодвижение постепенно уменьшается. Остановка сокодвижения по времени совпадает с опадом хвои (по натурным наблюдениям).

Даты начала стволового сокодвижения, а значит и даты распускания почек и формирования листового аппарата, у этих деревьев также существенно различаются, и это различие было зафиксировано и в 2014, и в 2015 гг. (рис. 2а, б). Первые признаки начала сокодвижения в 2014 г. были зарегистрированы 24 апреля у PL2, а у PL1 – 17 мая, в 2015 г. у PL2 – 22 апреля, а у PL1 – 10 мая.

Более позднее охвоение у лиственницы PL1 относительно PL2 происходит, по нашему мнению, по причине более угнетенного состояния по сравнению с PL2 (PL1 произрастает внутри древостоя, а PL2 – на границе). Было также отмечено, что интенсивность сокодвижения у обоих деревьев умень-

шалась вследствие изменения погодных условий. Различия между деревьями по датам прекращения сокодвижения и окончания сезона вегетации могут, очевидно, обуславливаться неблагоприятными погодными проявлениями, которые оказывают более сильное негативное влияние на дерево PL1. Так, заморозки в первых числах сентября 2014 г. в течение трех последовательных ночей явились предполагаемой причиной того, что сокодвижение у PL1 прекратилось на 2 недели раньше, чем у PL2 (5 сентября и 20 сентября соответственно), между тем при сравнительно благоприятных погодных условиях осенью 2015 г. сокодвижение прекратилось 24 сентября у обоих деревьев одновременно.

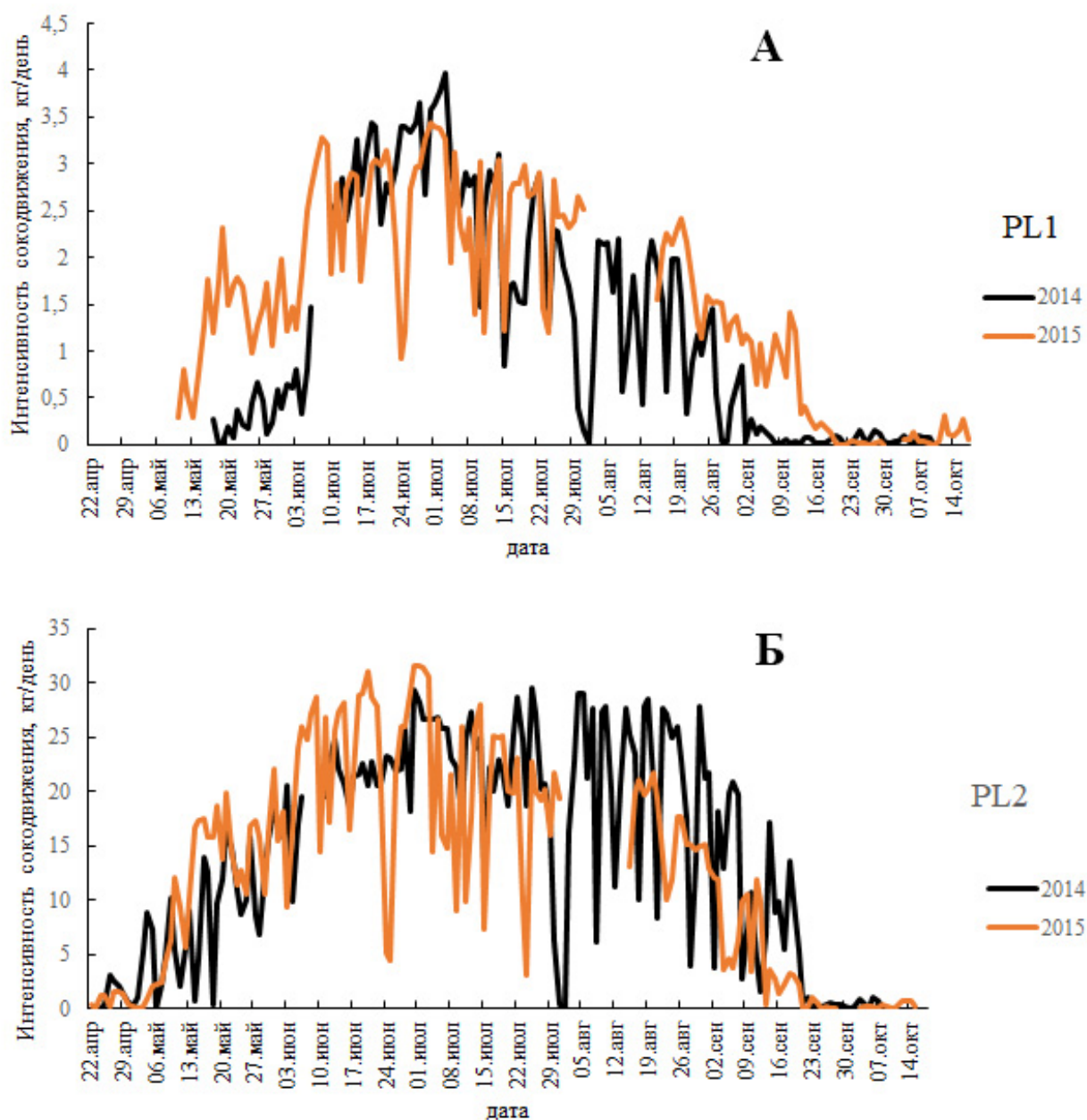


Рис. 2. Динамика сокодвижения двух деревьев лиственницы сибирской (PL1 и PL2) в течение двух сезонов роста 2014 и 2015 гг.

Например, существенное уменьшение интенсивности сокодвижения в пределах суток было вызвано обильными осадками 24–25 июня и 23–24 июля 2015 г.; долговременная тенденция (>7 дней) уменьшения суточного сокодвижения в период 26 июня – 4 июля 2015 г. связана с малым количеством осадков и, вероятно, с иссушением почвы в эти периоды времени.

Таким образом, в результате исследования у деревьев лиственницы сибирской Мотыгинского климатипа, произрастающих в разных ценотических (на границе и в «глубине» ценоза) и одинаковых климатических и эдафических условиях, сезонная динамика сокодвижения характеризуется высокой синхронностью ($R = 0,77-0,94$), при этом абсолютные суточные его значения, а также даты начала и прекращения сокодвижения (то есть, даты начала и окончания сезона вегетации) резко различаются. Сокодвижение начинается на две недели раньше у «доминантного» дерева, чем у дерева, испытывающего более сильную конкуренцию за свет, воду и питательные вещества в «глубине» ценоза. В засушливый сезон 2015 г. деревья в Мотыгинского климатипа, культивированные в условия Красноярской лесостепи, не находились в состоянии продолжительного водного стресса, в то же время испытывали кратковременный водный дефицит в определенные промежутки сезона, что сказалось на интенсивности сокодвижения обоих деревьев.

Благодарности. Работа выполнена в рамках базового проекта фундаментальных исследований Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН FWES-2024-0023.

ЛИТЕРАТУРА

- Бенькова А. В., Рубцов А. В., Бенькова В. Е., Шашкин А. В.** Сезонная динамика сокодвижения деревьев *Larix sibirica* в Красноярской лесостепи // Журнал СФУ, сер. Биология, 2019. – Т. 12(1). – С. 32–47.
- Ваганов Е. А., Шашкин А. В.** Рост и структура годичных колец хвойных. – Новосибирск: Наука, 2000. – 232 с.
- Cermák J., Kucera J., Bauerle W. L., Phillips N., Hinckley T. M.** Tree water storage and its diurnal dynamics related to sap flow and changes in stem volume in old-growth Douglas-fir trees // Tree Physiology, 2007. – Vol. 27. – P. 181–198.
- Čermák J., Kučera J., Nadezhdina N.** Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands // Trees, 2004. – Vol. 18. – P. 529–546.
- Gleason S. M., Westoby M., Jansen S., Choat B., Hacke U. G., Pratt R. B., Bhaskar R., Brodribb T. J., Bucci S. J., Cao K-F. et al.** Weak tradeoff between xylem safety and xylem-specific hydraulic efficiency across the world's woody plant species // New Phytologist, 2016. – Vol. 209. – P. 123–136.
- Iijima Y., Ohta T., Kotani A., Fedorov A.N., Kodama Y., Maximov T. C.** Sap flow changes in relation to permafrost degradation under increasing precipitation in an eastern Siberian larch forest // Ecohydrology, 2014. – Vol. 7. – P. 177–187.
- Rowland L., Malhi Y., Silva-Espejo J. E., Farfan-Amezquita F., Halladay K., Doughty C. E., Meir P., Phillips O. L.** The sensitivity of wood production to seasonal and interannual variations in climate in a lowland Amazonian rainforest // Oecologia, 2014 – Vol. 174. – P. 295–306.
- Tatarinov F. A., Kucera J., Cienciala E.** The analysis of physical background of tree sap flow measurement based on thermal methods // Meas. Science. Technology, 2005. – Vol. 16. – P. 1157–1169.
- Tyree M. T.** Hydraulic limits on tree performance: Transpiration, carbon gain and growth of Trees // Trees, 2003. – Vol. 17. – P. 95–100.
- Urban J., Rubtsov A. V., Urban A. V., Shashkin A. V., Benkova V. E.** Canopy transpiration of a *Larix sibirica* and *Pinus sylvestris* forest in Central Siberia // Agricultural and Forest Meteorology, 2019. – Vol. 271. – P. 64–72.