

ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ H_2O ДРЕВЕСНЫХ КОЛЕЦ СПИЛОВ С ВЛАЖНОСТЬЮ НАД ЛЕСНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ

Агеев Б.Г.¹, Сапожникова В.А.¹, Груздев А. Н.², Савчук Д. А.³

¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

² Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

³ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

e-mail: ageev@iao.ru, sapo@iao.ru, a.n.gruzdev@mail.ru, , savchuk@imces.ru

В настоящее время отсутствует должное понимание роли лесных экосистем в формировании климатических параметров. Чрезвычайно сложной является оценка транспирации растительности, вклад которой варьируется от 20 до 65 процентов от общего испарения суши. Сделанные оценки вариации влажности над лесными экосистемами показали, что над лесами выпадает в год на 10 -15% осадков больше, чем на соседних открытых пространствах. В данной работе по анализу газовых компонентов спилов деревьев рассмотрена возможная связь некоторых характеристик сибирских деревьев с атмосферной H_2O . По результатам анализа выдвинуто предположение о том, что формирование 4-летнего цикла в осадках может происходить с участием транспирации деревьев.

Считается, что вариации атмосферной воды H_2O в регионе определяются адвекцией в регион из окружающих областей и испарением и транспирацией в пределах исследуемого региона. Подсчитано, что около 40% наземных осадков возникают в результате испарения с суши, и 57% всего наземного испарения возвращается в виде осадков над сушей [1]. Чрезвычайно сложной является оценка транспирации растительности, вклад которой варьируется от 20 до 65 процентов от общей эвапотранспирации суши (общего количества воды, переходящего в атмосферу в виде пара посредством испарения и транспирации) [2,3]. Существует значительный разброс (от 24% до 90%) в оценках глобального среднего вклада транспирации из некоторых независимых источников (спутниковые данные, реанализ, изотопные данные) [4]. В настоящее время исследователи приходят к выводу, что лесные экосистемы выступают в роли основных регуляторов атмосферной влаги и стабилизаторов климата [5]. Сделанные оценки вариации влажности над лесными экосистемами показали, что над ними в отдельных районах количество атмосферных осадков за год, в среднем, увеличивается на 13 мм, а в целом над лесами выпадает в год на 10 -15% осадков больше, чем на соседних открытых пространствах [6]. Томская область богата лесами, а анализ хронологий осадков данного региона выявил в них 4-летние колебания [7]. Наши многочисленные исследования остаточных газовых компонентов (газов, сохранившихся в древесине в результате жизнедеятельности) в спилах деревьев показали, что все спилы деревьев характеризуются погодичным распределением CO_2 и смеси (CO_2+H_2O) с характерным

стабильным 4-летним циклом. Ранее мы рассмотрели возможность формирования 4-летнего цикла в распределениях газовых компонентов через воздействие на осадки Североатлантического колебания [7]. В данной работе рассматривается возможность самих деревьев за счет транспирации приносить вклад в атмосферную H_2O на масштабе 4-летнего цикла.

Анализу подвергались результаты содержания газовых компонентов, десорбированных из древесных колец спилов за 1878-2022 гг., (в одном спиле датировка 1722-2000 гг.) деревьев, произрастающих в районе г. Томска ($56^{\circ}30'$ с. ш., $84^{\circ}58'$ в. д.) и вокруг него (юго-восток Западной Сибири). Ряд спилов брались в черте города, некоторые – в пригороде. Дополнительно исследовались спилы, привезенные из Горного Алтая. Проанализировано более 1000 годичных колец 22 спилов хвойных и лиственных деревьев. Ширина годичных колец измерялась на полуавтоматическом комплексе LINTAB с точностью 0.01мм. Для исследования газовых компонентов использовался компьютеризированный оптико-акустический лазерный газоанализатор на базе перестраиваемого волноводного CO_2 -лазера. Экспериментальная установка позволяла одновременно определять несколько параметров пробы десорбированных газов: 1) общее давление газовых проб, 2) содержание CO_2 и смеси (CO_2+H_2O) и 3) вариации содержания H_2O . На рисунках 1 и 2, для сравнения, приведены скользящие спектры суммы летних осадков и вариации H_2O в спилах лиственницы и кедра Томского региона. Видно, что в осадках поведение 4-летнего цикла носит более нестабильный характер, по сравнению с поведением 4-летнего цикла в вариациях H_2O лиственницы и кедра.

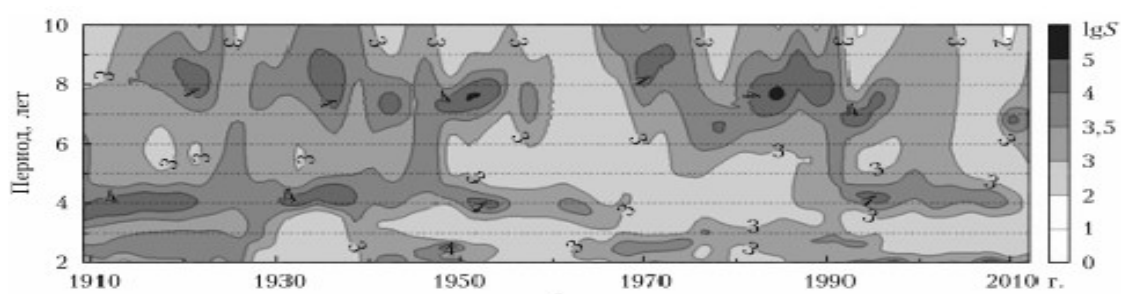
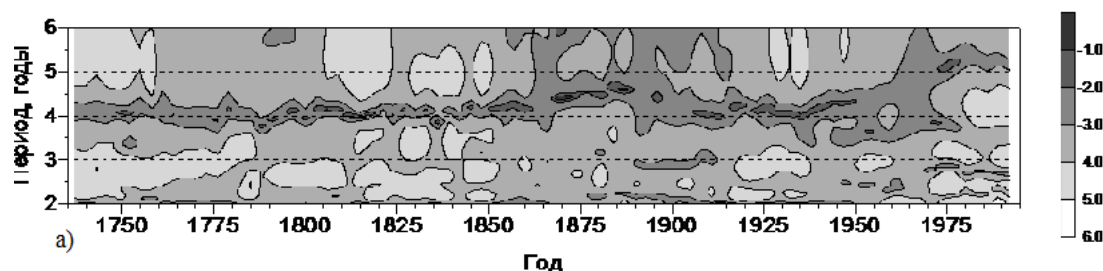


Рис.1. Скользящие спектры суммы осадков Томской области.



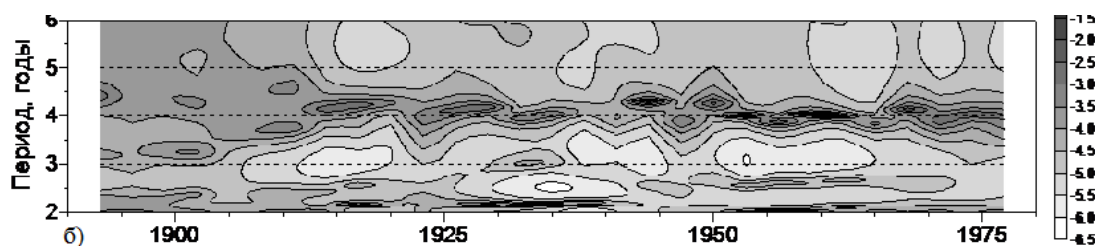


Рис.2. Скользящие спектры содержания H_2O спилов лиственницы (а) и кедра (б) Томского региона.

Нами были исследованы данные по вариациям H_2O в годовичных кольцах 22 спилов (около 1000 колец). Найдено, что во всех хронологиях присутствуют 4-летние циклы. Для иллюстрации на рисунке 3 представлены результаты спектрального анализа хронологий H_2O для ряда спилов и корней деревьев Томского региона и Горного Алтая. Везде отчетливо выделяются 4-летние вариации. Если диффузное выделение стволами CO_2 достаточно изучено, то диффузии H_2O уделялось меньше внимания.

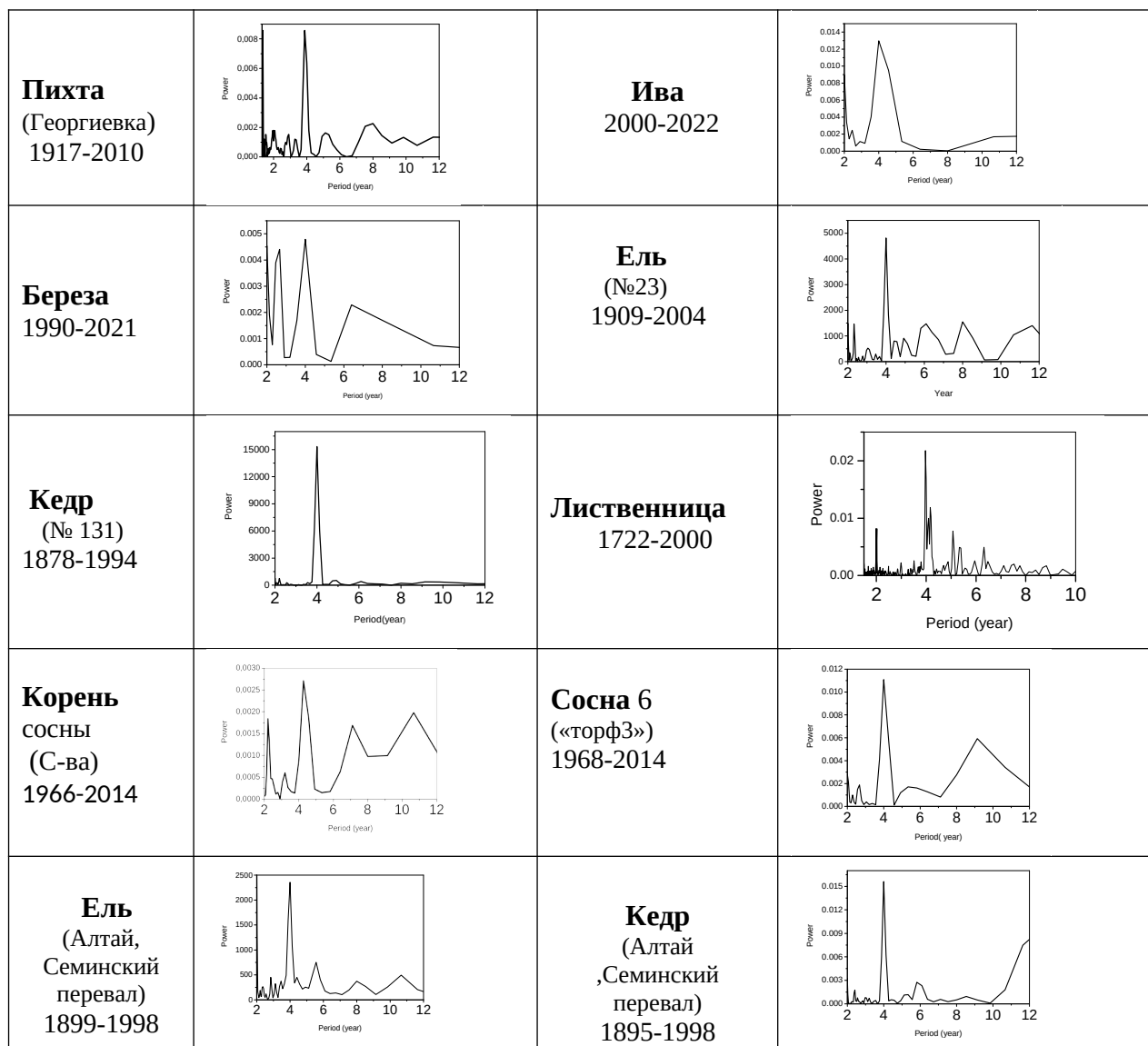


Рис.3. Результаты спектрального анализа хронологий H_2O в годовичных кольцах спилов и корней

Основное внимание уделялось процессу транспирации, когда большая часть воды испаряется в атмосферу через устьица листьев деревьев, создавая дополнительную влажность над лесами. Однако, пары воды диффузно могут попадать в атмосферу и через стволы деревьев. Представить выделение H_2O стволами можно по результатам работы [8], где обнаружено, что пары воды диффундируют из стволов в любое время года, увеличиваясь в теплый период. Появление характерного 4-летнего цикла в корневой системе может говорить о том, что транспирационный ток также имеет циклическую структуру, т.е. выделение H_2O деревом носит циклический характер. Таким образом, над деревьями может существовать повышенная влажность, со следами 4-летней модуляции. Поэтому, появление фиксированной цикличности в хронологиях осадков в Томском регионе может указывать на вклад деревьев в атмосферную влажность. По-видимому, кроме влияния длинных связей типа САК, Эль-Ниньо и т.д. на метеопараметры, нужно обращать внимание на влияние ближайших массивов деревьев регионов. Заметим, что изучение динамики «меченой влажности» над деревьями, видимо, может дать возможность изучить функционирование и самих лесных экосистем. В настоящее время 4-летний цикл в хронологии осадков Томского региона закончил свое существование, что, вероятно, указывает на уменьшение вклада доли транспирации в связи с сокращением лесных экосистем.

Работа выполнена в рамках государственных заданий ИОА СО РАН и ИМКЭС СО РАН.

1. Sorí R., Gimeno-Sotelo L., Nieto R., Liberato M.L.R., Stojanovic M., Pérez-Alarcón A., Fernández-Alvarez J. C., Gimeno L. Oceanic and terrestrial origin of precipitation over 50 major world river basins: Implications for the occurrence of drought // *Science of The Total Environment*. 2023.V. 859. Part 2. P. 1-13.

2. Jasechko S, Sharp ZD, Gibson JJ, Birks SJ, Yi Y, Fawcett PJ. Terrestrial water fluxes dominated by transpiration // *Nature*. 2013. V.496 (7445). P.347-350. DOI: 10.1038/nature11983.

3. Schlaepfer D.R., Ewers B.E., Shuman B.N., Williams D.G., Frank J.M., Massman W.J., Lauenroth W.K. Terrestrial water fluxes dominated by transpiration: Comment // *Ecophere*. 2014. V. 5. P.1-17.

4. Wei Z, Yoshimura K, Wang L, Miralles DG, Jasechko S, Lee X. Revisiting the contribution of B.E. transpiration to global terrestrial evapotranspiration // *Geophys. Res. Lett*. 2017. V.44. P. 2792–2801.

5. Морозов В.Е., Алейников А.А., Смирнова О.В., Анапольский А.Б., Васильев Р.Г., Гаврилов В.М., Коротков В.Н., Макарьева А.М., Нефёдов А.В., Чукунов А.В. Новая парадигма государственной политики в сфере экологии, охраны окружающей среды и климата // *Энергия: экономика, техника, экология*. 2019. Т. 8. С. 7-14.

6. Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение: учебн. пособие : Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург. 2010. 432 с. <https://core.ac.uk/download/pdf/42047182.pdf>

7. Агеев Б.Г., Сапожникова В.А., Груздев А.Н., Савчук Д.А. О возможном влиянии Североатлантического колебания на жизнедеятельность деревьев (юго-восток Западной Сибири // *Оптика атмосферы и океана*. 2024. Т. 37. №9. С. 754-759.

8. Lasse Narvainen. Carbon Dioxide and Water Vapour Exchange within a Norway Spruce Canopy. DOCTORAL THESIS. Göteborg. 2012.