

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

На правах рукописи

Голюков Алексей Сергеевич

**ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ
УВЛАЖНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

АННОТАЦИЯ

Научно-квалификационной работы (диссертации)

по направлению: 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и
биотехнические системы и технологии

специальности: 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной
среды, веществ, материалов и изделий

Научный руководитель
д. б. н., проф.
Харук Вячеслав Иванович

Красноярск 2018

Актуальность темы. Лес – важная часть нашего окружающего мира, он не только определяет качество окружающей среды, но и является ценным экологическим, экономическим и социальным ресурсом. Только в одном Красноярском крае лес покрывает ~70 % территории. Запасы промышленной древесины оцениваются в ~14 млрд м³, и это примерно ~14 % от общероссийских запасов древесины. Леса края на ~85 % состоят из ценных хвойных пород. В крае сконцентрировано ~10 % российских лесных запасов (Чепланова, 2012, Гордеев, 2017). Помимо этого, в Красноярском крае находятся семь заповедников с уникальными условиями обитания местной флоры и фауны.

Однако не только лес влияет на нас, но и изменения климата влияют на лес. По прогнозам IPCC 2014 на территории бореальных лесов Сибири будет наблюдаться увеличение среднегодовых температур на +1-8 °С. В ближайшее столетие такое потепление неминуемо приведет к изменениям растительного покрова. Недостаток водной массы может привести к засухам, которые повлекут за собой усыхание древостоев и увеличение числа пожаров. По результатам нескольких исследований увеличение температуры уже наблюдается на территории Сибири на 1-2 °С за последние десятилетия (Ефимова и др., 2004). К тому же фиксируются экстремально теплые летние периоды. Одной из важных особенностей Алтае-Саянской горной страны является широкое развитие вечной мерзлоты, увеличение засушливости климата (оттаивания вечной мерзлоты) приведут к увеличению выделения CO₂. Изменения также коснутся и почвогрунтов горных лесов.

К счастью, на данный момент имеются методы для анализа состояния древостоев. Однако, влияние водной массы на древостои из-за отсутствия постоянных пространственных наземных измерений и возможности проведения полевых работ на огромных территориях сложно учесть, хотя вода является одним из основных ресурсов для нормального роста древостоя. Использование методов дистанционного зондирования и модельных данных о водной массе с использованием небольшого количества наземных данных

(временные ради ширины годичных колец) позволяют экстраполировать полученные результаты на большую территорию.

Пусковым механизмом усыхания древостоев в горных лесах Южной Сибири является изменение эколого-климатических факторов, в частности возрастания засушливости климата и уменьшение водной массы. Само же усыхание вызвано синергизмом биотических и эколого-климатических факторов (Lloyd and Bunn, 2007; Scholze et al., 2006). Что привело к усыханию темнохвойных древостоев на хребте Хамар-Дабан 10%, Восточном Саяне 12% (Kharuk et al., 2013; Kharuk et al., 2010), Кузнецком Алатау усыхание древостоя зафиксировано на высотах >900 м. Даже такие засухоустойчивые виды, как лиственница сибирская, чувствительны к изменениям почвенной водной массы, что показано в исследованиях на территории лесостепей Хакасии и юго-восточной части плато Пutorана (Kharuk et al., 2013).

Возможным развитием ситуации в зонах, где наблюдается водный стресс, является сильное ослабление древостоя с вероятным последующим его усыханием. Таким образом, для них необходима разработка специальных режимов лесопользования и стратегий лесовозобновления с использованием более подходящих к условиям меняющегося климата пород деревесных растений.

Например, в зонах усыхания темнохвойной тайги, где зафиксировано снижение уровня увлажнения, возможным направлением лесовозобновления является замена темнохвойных видов (сосна сибирская кедровая и пихта) более устойчивыми к засухам светлохвойными деревьями (сосна обыкновенная и лиственница).

Кроме того, на основании анализа данных дистанционного зондирования возможно прогнозировать появление водного стресса для конкретной территории, предсказать направление изменений видового состава и продуктивности фитоценозов и разработать оптимальный комплекс мер в рамках устойчивого лесопользования.

Лес, являясь неотъемлемой частью среды обитания человека, представляет ценность в экологическом, экономическом и социальном плане. Забота о состоянии лесов, рациональное использование и мониторинг их изменений являются одними из приоритетных задач устойчивого развития региона. В связи с этим наличие методов, позволяющих оценить влияния изменений водной массы на леса Сибири и России в целом и его прогноз требуют особого внимания в целях обеспечения экологической и экономической стабильности.

Цель диссертационной работы - диссертационной работы является разработка дистанционных методов оценки условий увлажнения элементов лесных территорий, сформированных древостоями лиственницы (*Larix sibirica*), пихты (*Abies sibirica*) и кедра (*Pinus sibirica*) на основе гравиметрической съемки.

Научная новизна. Применение гравиметрических данных GRACE, используемых в основном для мониторинга океанографии, ледников и водного баланса территории, для выявления связей между приростом древесных растений и условиями увлажнений.

Методы исследования. В работе использовались методы статистического анализа, методы анализа спутниковых и климатических данных.

Достоверность результатов. Результаты работы опубликованы в рецензируемых журналах и докладывались на научных конференциях, часть результатов получена в ходе выполнения грантов РНФ.

Практическая ценность. Разработанные методики могут быть использованы для разработки специальных режимов лесопользования и стратегий лесовозобновления с использованием более подходящих к условиям меняющегося климата пород древесных растений для территорий, где наблюдается водный стресс.

Финансовая поддержка. Часть исследований работы сделано в ходе выполнения гранта РНФ «Воздействие изменений климата на ареал, породный

состав, продуктивность, жизненное состояние и горимость горных лесов Алтая-Саянского региона» (14-24-00112), гранта РНФ «Реакция основных лесообразующих видов древесных растений Алтая-Саянской горной страны на климатические изменения» (17-74-10113).

Апробация результатов.

1. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Проспект Свободный» (г. Красноярск, 2015)
2. II Международная научная конференция. «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» (г. Красноярск, 2015)
3. Тринадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (г. Москва, 2015),
4. Конференция ФИЦ КНЦ СО РАН для молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Красноярск, 2017).

Публикации и личный вклад. Результаты работы были опубликованы в 3-х статьях в журналах Web of Science и Scopus ([1], [2], [3]) и 8 материалах конференции ([4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]). Вклад автора в совместные работы равнозначен и неделим.

Поставленные задачи.

1. Анализ временных серий спутниковых данных GRACE и анализ данных почвенного влагообеспечения MERRA2 root zone на ключевых участках исследования центральной Сибири
2. Разработка методики определения условий увлажнения для ключевых участков исследования и выявление связи между спутниковыми данными GRACE и радиальным приростом древесных растений
3. Оценка водной массы в зонах усыхания древостояев пихты и кедра на территории таежных лесов центральной Сибири
4. Анализ связи между спутниковыми данными GRACE и уровнем бессточных озер в лесостепной зоне Забайкалья

Основные результаты научного доклада.

1. Разработана методика определения условий увлажнения элементов лесных территорий, представленных древостоем лиственницы, пихты и кедра на основе гравиметрических данных GRACE.
2. Выявлено связь между величиной прироста древесных растений и параметрами увлажнения (АВЭМ): годового максимума, минимума предыдущего года, среднее за вегетационный период; с ВКС - среднее за вегетационный период, начало, середину и конец периода вегетации.
3. Выявлено, что в периоды с экстремально-минимальной водной массой наблюдается разделение древесных растений на когорты с различными трендами динамики радиального прироста.
4. Выявлена зависимость между суммарным годовым минимумом АВЭМ засушливых лет и точками усыхания древостоя пихты и кедра. Количество точек усыхания находится в обратно-пропорциональной зависимости от АВЭМ ($R^2=0.87$).
5. Выявлена связь между АВЭМ и уровнем бессточных озер Забайкалья в лесостепной зоне ($r = -0.61 \dots 0.68$; $p < 0.02 \dots 0.05$).

ИНФОРМАЦИЯ О ПУБЛИКАЦИЯХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Им С. Т., Харук В. И., Ракитянская Н. М., Голюков А.С. Климатогенная динамика озер в экотоне лесостепи Забайкалья // Сибирский экологический журнал, № 6, 2015.
2. Kharuk V. I., Im S. T., Dvinskaya M. L., Golyukov A. S., Ranson K. J. Climate-induced mortality of spruce stands in Belarus // Environmental Research Letters, 10/2015.
3. Kharuk V. I., Im S. T., Petrov I. A., Golyukov A S., Ranson K. J., Yagunov M. N. Climate-induced mortality of Siberian pine and fir in the Lake Baikal Watershed, Siberia // Forest Ecology and Management, 384, P191-199, 2017.
4. Голюков А.С., Харук В.И. Связь усыхания ели в лесах Беларуси с аномалиями водной массы (GRACE) // Электронный сборник материалов международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Проспект свободный 2015», г. Красноярск, 2015.
5. Голюков А.С., Им С. Т., Харук В. И. Гравиметрический анализ водного баланса бассейна озера Байкал // Материалы II Межд. науч. конф., «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли», г. Красноярск, 2015.
6. Голюков А.С., Им С. Т., Харук В. И. Гравиметрическая съемка GRACE в анализе динамики водной массы бассейна оз. Байкал // Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», г. Москва, 2015.
7. Голюков А.С., Им С. Т., Харук В. И., Петров И. А. «Гравиметрическая съемка GRACE в индикации усыхания древостоев» // Тринадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», г. Москва, 2015.
8. Харук В.И., Им С.Т., Петров И. А., Голюков А. С. Динамика аномалий водной массы и состояние древостоев южной части

- бассейна оз. Байкал // Международная конференция «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития», г. Улан-Батор, 2015.
9. Kharuk V.I., Petrov I. A., Im S.T., Golyukov A.S. “Dark Needle Conifer” Mortality in Southern Siberia Mountains // I International Conference on Research for Sustainable Development in Mountain Regions, Bragança, Portugal, 2016.
- 10.Харук В.И., Им С.Т., Петров И. А., Ягунов М.Н., Голюков А.С. Темнохвойные Сибири в меняющемся климате // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Красноярск, 2016.
- 11.Голюков А.С., Петров И. А. Гравиметрическая съемка GRACE в индикации усыхания древостоев // Исследования компонентов лесных экосистем Сибири. Выпуск 14: материалы конкурсно-конференции ФИЦ КНЦ СО РАН для молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Красноярск 2017 г.