

Аннотация результатов, полученных в 2016 году

В ходе выполнения работ по проекту РНФ № 14-14-00219 в 2016 году:

1. Проведена 3-я комплексная экспедиция по сбору дендрохронологического материала в западной части Центральной Якутии. Сбор материала был проведен вдоль федеральной дороги «Виллой» по трансекту Якутск – Мирнинский район. В общей сложности в районе исследований заложено 10 дендрохронологических участков по лиственнице Гмелина (*Larix gmelini*) и сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Общая протяженность новой части трансекта составила более 1000 км. Сборы проводились во время двух экспедиционных работ в июне и в августе 2015 г. Собрано 408 образца. В среднем с каждого участка собрано по 20 образцов деревьев по двум перпендикулярным радиусам, сделано описание участка согласно проектным требованиям.

2. Проведено тестирование модуля автоматической параметризации Tiktaalik на полученном дендроклиматическом материале Енисейско-Ленского трансекта (см. карту http://vs-genn.ru/sites_yakutia/). Значения параметров имитационной VS модели подбираются методом дифференциальной эволюции, реализованным в виде внешнего модуля, по отношению к программному коду модели. Сравнение результатов автоматической параметризации с результатами контролируемой параметризации на основе VS-осциллографа, по реперным точкам трансекта (см., например, тест-полигон № 4 (61.9478, 132.1412)) показало хорошую сопоставимость результатов.

3. В рамках web-приложения VS-Growth Evolution Neural Network (VS-GENN) разработана нейросеть (на базе нейросетевой нелинейной регрессии) для заполнения пропусков в таблицах пространственно-распределенных климатических данных суточного разрешения. Для анализа качества была апробирована база климатических данных суточного разрешения, состоящая из 32 метеостанций, расположенных вдоль Енисейско-Ленского трансекта (<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1YVVt11AEIj5xmEUxpfZvbpaW4t3ty2HsXk7mc1PpteU/edit?usp=sharing>). VS-GENN заполняет эти пропуски, добавляет в таблицы информацию о новых объектах, для которых отсутствуют значения некоторых признаков, прогнозируя отсутствующие значения. Точность прогноза, достигнутая нейросетевыми методами web-приложения VS-GENN, является достаточной, что позволило провести дальнейшую работу по прогнозированию неизвестных значений климатических параметров для отдельных метеостанций.

4. Проведена ретроспективная оценка реакции древесных растений вдоль Енисейско-Ленского трансекта на основе web-приложения VS-Growth Evolution Neural Network (VS_GENN) на текущие климатические изменения.

Ретроспективная оценка реакции древесных растений проводилась на основе нейросетевых технологий с кросс-валидацией: анализ невязок, карты ошибок и невязок. Используя модуль дифференциальной эволюции платформы VS-GENN, получены оптимальные VS-параметры в виде пространственно-распределенной базы. Карта расположена по адресу http://vs-genn.ru/sites_par/. Карта позволяет выбрать параметры по конкретной точке и использовать их для работы с имитационной моделью VS-осциллограф и VS-GENN.

5. Для краткосрочного прогноза были рассмотрены следующие сценарии для анализируемой территории трансекта (см. IPCC IV, 2007): А) «Мягкий» сценарий по линейному увеличению температуры на 2 градуса Цельсия в течении 20 лет (+по 0.1 градусу в год) при фиксированном уровне осадков; Б) «Жесткий» сценарий по линейному увеличению температуры на 4 градуса Цельсия в течении 20 лет) (+по 0.2 градуса в год) при фиксированном уровне осадков. Оптимизация VS-модели проводилась на основе контролируемой параметризации VS-осциллограф и автоматической параметризации на основе метода дифференциальной эволюции, реализованной в VS-GENN с использованием исходной климатической базы суточных данных для трансекта. Для оценки реакции древесных растений (фактически, продуктивности стволовой биомассы) на возможное потепление VS-модель применялась для полученных оптимальных параметров и уже модифицированной базы климатических данных. Отметим, что результаты прогноза оказались сопоставимыми для обоих способов параметризации.

6. Базовый алгоритм камбиальной активности модели Ваганова-Шашкина был модифицирован при помощи дополнения к нему нового модуля, позволяющего соотнести клеточные размеры каждой клетки (трахеиды) с конкретной датой формирования ее в сезоне роста на основе смоделированной скорости роста. Новый блок протестирован и интегрирован в разработанное в рамках проекта приложение VS-осциллоскоп в виде соответствующей процедуры.

7. Кроме информационных и функциональных дополнений, описанных в задачах 2-5 этого раздела на 2016 год, возможности web-платформы проекта VS-GENN (<http://vs-genn.ru/>) расширены за счет решения прямой задачи по моделированию пространственно-распределенных древесно-кольцевых хронологий (реакции древесных растений) по имеющимся среднемесячным климатическим характеристикам с целью заполнения пропусков в географическом пространстве, для которых отсутствуют реальные полевые сборы дендрохронологического материала Домен vs-genn.ru продлен на 2017 год. Хостинг базируется на актуальной версии GNU/Linux Ubuntu server 15.04 LTS и RStudio Server v1.0.44. Все Shiny приложения, созданные по проекту разместятся в интернет при помощи сервиса на собственном сервере Shiny в дата-центре СФУ с доступом через авторизацию на VPN сервере СФУ

Достигнуты следующие научные результаты:

1. Получено 8 новых древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) по двум видам древесных растений: сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и лиственницы Гмелина (*Larix gmelini*) для региона исследований. Получены новые клеточные измерения для периода с 1960 по 2014 гг. и построены 2 стандартизированных клеточных хронологии по сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и 1 хронология по лиственнице Гмелина (*Larix gmelini*) для 3 новых местообитаний древесных растений в западной части центральной Якутии.
2. Сравнение результатов автоматической параметризации с результатами контролируемой параметризации на основе VS-осциллографа, по реперным точкам трансекта показало хорошую сопоставимость результатов. В среднем, коэффициент корреляции между моделируемыми хронологиями на основе двух независимых подходов параметризации составляет 0.82. Сопоставление массивов параметров VS-модели, полученных на основе разных способов параметризации выявили отклонения в значениях параметров, отвечающих за расчет влажности почвы и транспирации.
3. В web-приложении VS-Growth Evolution Neural Network (VS-GENN) интегрирована нейросетевая нелинейная регрессия (см. (<http://vs-genn.ru/apps>)) как технология для заполнения пропусков в таблицах пространственно-распределенных климатических данных суточного разрешения
4. Проведена ретроспективная оценка реакции древесных растений вдоль Енисейско-Ленского трансекта на основе web-приложения VS-Growth Evolution Neural Network (VS_GENN) на текущие климатические изменения. Оценены значения параметров модели в точках, где измерения не проводились. Создана и опубликована карта пространственно-распределенной базы VS-параметров роста древесных растений на периоде инструментальных климатических наблюдений (http://vs-genn.ru/sites_par/). Проведен совместный пространственный анализ коррелированных переменных
5. Получен 20-летний прогноз и анализ реакции древесных растений основных лесообразующих пород северной тайги Сибири вдоль Енисейско-Ленского трансекта в соответствии с двумя климатическими сценариями, учитывающими линейный положительный температурный тренд за последние 20 лет наблюдений в 2 и 4 градуса Цельсия. Показано, что линейное потепление на 2 и 4 градуса, соответственно, в течение 20 лет будет оказывать различное влияние на продуктивность древесных растений, входящих в Западную, Центральную и Восточную группы трансекта. Для «Западной» и «Восточной» группы продуктивность деревьев в зависимости от видов древесных может увеличиться на 30-60% растений. Для

«Центральной» группы не наблюдается значимых изменений прироста деревьев, а следовательно, и продуктивности деревьев, кроме тех, которые уже наблюдаются на этой территории.

6. Новая версия VS-осциллографа с обновленной версией камбиального блока опубликована на сайте проекта.

7. В рамках настоящей работы авторами был разработано web-приложение VS-GENN, которое реализовано как рабочее место эксперта для анализа пространственно распределенных данных. VS-GENN предоставляет модель и инструменты для проведения полного цикла исследования в среде браузера (web-приложение).

8. План по публикациям на 2016 год перевыполнен. Опубликовано 5 статей, рецензируемых в WoS, Scopus и РИНЦ; 2 статьи в Scopus и РИНЦ; 1 монография. Кроме этого отправлены в печать: 1. Bao Yang, Minhui He, Shishov V., Kaparova N., Vaganov E.A., Rossi S., Ljungqvist F., Bräuning A., Griesinger J. 2016. A new perspective on spring vegetation phenology and global climate change based on Tibetan Plateau tree-ring data. The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS, WoS Impact Factor =9.42) (under review); 2. Minhui He, Shishov V., Kaparova N., Bao Yang, Braeuning A., Griesinger J. 2016. VS-oscilloscope reveal decreased soil moisture stress on tree-ring growth on the Tibetan Plateau after 1985. Dendrochronologia (WoS Impact Factor = 2.11)

Публикации

1. Kirilyanov A.V., Solomina O.N., Vaganov, E.A., Büntgen, U. **Editorial – Russian tree-ring research** Dendrochronologia, V.39 (1), P. 1-2 (год публикации - 2016).

2. Koshurnikova N., Verkhovets S., Antamoshkina O., Trofimova N., Zlenko L., Zhuikov A. **Assessment of Central Siberia Forest Ecosystems Sustainability to Forest Fires: Academic Research Outcomes** Procedia - Social and Behavioral Sciences, V. 214, P.1008 – 1018 (год публикации - 2015).

3. Koshurnikova N.N., Verkhovets S.V., Antamoshkina O.A., Trofimova N.V., Zlenko L.V., Zhuikov A.V., Garmash A.A. **Structure of the organic matter pool in Pinus sibirica dominated forests of Central Siberia** Folia Forestalia Polonica, series A, V. 57 (4). P. 218-223 (год публикации - 2015).

4. Panyushkina I.P., Shishov V.V., Grachev A.M., Knorre A.A., Kirilyanov A.V., Leavitt S.T., Vaganov E.A., Chebykin E.P., Zhuchenko N.A., Hughes M.K. **Trends in elemental concentrations of tree rings from the Siberian Arctic** TREE-RING RESEARCH, Vol. 72(2), 2016, pp. 67–77. (год публикации - 2016).

5. *Popkova M., Babushkina E., Tychkov I., Shishov V.* **TIME IDENTIFICATION OF TREE RINGS CELL PRODUCTION DUE TO CLIMATE FACTORS IN SIBERIA** International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, Book3 Vol. 2, p. 677-684 (год публикации - 2016).

6. *Touchan R., Shishov V.V., Tychkov I.I., Sivrikaya F., Attieh J., Ketmen M., Stephan J., Mitsopoulos I., Christou A., Meko D.M.* **Elevation-layered dendroclimatic signal in eastern Mediterranean tree rings** Environmental Research Letters, V. 11 (4). Article number 044020 (год публикации - 2016).

7. *Tychkov I., Popkova M., Shishov V., Babushkina E.* **VS-OSCILLOSCOPE: SIMULATION OF TREE-RING IN SIBERIA** International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, Book3 Vol. 2, p. 623-630 (год публикации - 2016).

8. *Шишов В.В., Попкова М.И., Тычков И.И.* **Нелинейное оценивание дендроклиматических данных и его применение для территории Сибири** ООО РПБ «Амальгама»: Красноярск:, Шишов В.В. Нелинейное оценивание дендроклиматических данных и его применение для территории Сибири / В.В. Шишов, М.И. Попкова, И.И. Тычков. – Красноярск: ООО РПБ «Амальгама», 2016 – 128 с. (год публикации - 2016).