

УДК 574.42

## БИОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ ЦИКЛА УГЛЕРОДА В УПРАВЛЯЕМЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛЕСАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Д.А. Голубев<sup>1,2</sup>, М.Ю. Филатова<sup>1</sup>, Л.Т. Крупская<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия,

<sup>2</sup>Дальневосточный НИИ лесного хозяйства, Хабаровск, Россия, poet.golubev@mail.ru

В статье изложены результаты исследования проблемы использования биоинформационных технологий в оценке цикла углерода в управляемых техногенных лесах Приморского края, что явилось целью работы. При сборе и анализе материалов использованы следующие методические подходы: лесоводственные, геоэкологические, лесотаксационные, статистические. Расчеты выполнены в программе «РОБУЛ». Анализ, обобщение и систематизация литературных данных свидетельствует о том, что значительное количество публикаций посвящено различным аспектам углеродного бюджета лесов России. Установлено, что в глобальном углеродном цикле леса играют важную роль, поскольку характеризуются наибольшими запасами фитомассы. Однако рост техногенной деятельности человека приводит к нарушению баланса углеродного круговорота планеты. Выявлены основные типы лесных экосистем и описаны лесохозяйственные мероприятия, влияющие на баланс углерода в управляемых техногенных лесах Приморского края. Результаты исследования свидетельствуют об уменьшении запаса углерода в исследуемом районе в 2015 г., по сравнению с 2003г. Обнаружено постепенное увеличение выбросов углекислого газа в атмосферу для покрытых лесом площадей в Приморском крае.

**Ключевые слова:** запас углерода, бюджет углерода, биоинформатика, управляемые леса.

Введение. В настоящее время происходят изменения в окружающей среде и резкое ухудшение экологических условий жизни. За последние пять лет, по материалам доктора Митчелла (по состоянию на сентябрь 1999 года), было получено такое количество данных об окружающей среде, сколько вся наша цивилизация получила за шесть тысяч лет. Лавинообразный поток научно-технической информации ставит перед необходимостью создания новых технологий для ее обработки и решения различного рода задач, в том числе природоохранного характера. Сейчас трудно найти такую область науки, которая бы обходилась без методов информатики. Не избежали этого и естественные науки. Опираясь на признание важной роли передачи, хранения и обработки информации в биологических системах, в 1970 году Полина Хогевег ввела термин «биоинформатика», определив его как изучение информационных процессов в биотических системах. Другими словами – это накопление биологических знаний в форме, обеспечивающей их наиболее эффективное использование, построение и анализ математических моделей биологических систем и их элементов. И. Лагунина считает, что под биоинформатикой следует понимать анализ живых организмов с применением компьютерных технологий. Однако, на сегодняшний день существует множество ее определений и интерпретаций, но пока это еще не

совсем устоявшийся термин. Относительно новым разделом наук о жизни, стремительно развивающимся во всем мире являются биоинформационные технологии, обязанные своим появлением накоплению обширных экспериментальных данных в области изучения биологических систем. Необходимость обработки огромных массивов информации, накопленной в ходе биологических экспериментов, обусловил огромный рост публикаций в этом направлении. Наиболее информативным показателем является углеродный бюджет, отражающий физиологическое состояние, продуктивность и жизнеспособность лесных экосистем, а также степень влияния на них основных факторов внешней среды и антропогенного воздействия. В связи с этим цель исследования состояла в оценке цикла углерода в управляемых техногенных лесах с использованием биоинформационных технологий.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования явились лесные экосистемы. При оценке углеродного бюджета лесной территории использована информация о возрастной структуре лесов и о величинах их приростов в данном регионе, материалы Государственного лесного реестра (ГЛР), Лесные планы субъектов ДФО, лесохозяйственных регламентов лесничеств. Обработка собранной информации осуществлялась в Программе «РОБУЛ». При сборе и анализе материалов использова-

ны следующие методические подходы: лесоводственные, геоэкологические, лесотаксационные, статистические.

Результаты и обсуждения. Анализ, обобщение и систематизация литературных данных свидетельствует о том, что значительное количество публикаций посвящено различным аспектам углеродного бюджета лесов России [Моисеев, 2007; Щепашенко и др., 2008, 2013; Швиденко и др., 2011; Ведрова, 2011; Федоров, 2011; Замолотчиков и др., 2013]. В большинстве своем эти публикации рассматривают отдельные лесные формации и процессы углеродного цикла в разных регионах страны, в так называемых «управляемых лесах». Опубликованные работы не содержат оценок неопределенностей результатов, равно как и информации, достаточной для такой оценки. Обзор литературы показывает, что в глобальном углеродном цикле леса играют важную роль, поскольку характеризуются наибольшими запасами фитомассы. Однако рост техногенной деятельности человека приводит к нарушению баланса углеродного круговорота планеты. Поскольку влияние лесов на климат проявляется через участие в углеродном цикле, необходимы предложения, направленные на приостановку изменения климата путем применения наиболее рациональных систем лесохозяйственной деятельности. В Дальневосточном федеральном округе эта проблема практически не изучена. Нами сделана первая попытка оценки цикла углерода в управляемых техногенных лесах на примере Приморского края.

Проведенные исследования позволили на основе данных лесных планов Приморского края, нормативных документов лесорастительного районирования Российской Федерации, природно-географической дифференциации выявить основные типы лесных экосистем, входящих в состав Приамурско-Приморского хвойно-широколиственно-

го лесного района. Описаны основные лесохозяйственные мероприятия. К ним относятся лесовосстановительные работы, уход за лесом, санитарные рубки (сплошные и выборочные), а также лесозащитные и противопожарные мероприятия, влияющие на баланс углерода в управляемых лесах. Результаты исследования представлены на рис. 1–2, свидетельствующие об уменьшении запаса углерода в исследуемом районе в 2015 г., по сравнению с 2003 г.

Данные таблицы показывают, что происходит постепенное увеличение выбросов углекислого газа в атмосферу для покрытых лесом площадей в Приморском крае.

Нами сделаны предварительные выводы, которые будут уточняться в дальнейших исследованиях. Однако использование биоинформационных технологий послужило основой понимания основных механизмов, регулирующих процессы накопления и расхода углерода экосистемами, являющихся теоретической основой управления углеродным бюджетом и, следовательно, важнейшей предпосылкой разработки рациональных стратегий перехода к адаптивному лесному хозяйству и обоснованию системы мероприятий по смягчению нежелательных климатических условий.

Таблица. Бюджет углерода для покрытых лесом площадей Приморского края

	Бюджет углерода для покрытых лесом площадей, т <sup>6</sup> С год <sup>-1</sup>				
	2003	2006	2008	2009	2015
Биомасса древостоя	3.099	2.964	3.113	3.143	3.231
Мертвая древесина	0.157	0.133	0.144	0.172	0.202
Подстилка	-0.015	-0.021	-0.009	-0.013	-0.012
Почва (0–30 см)	-0.141	-0.18	-0.09	-0.120	-0.108
Итого	3.100	2.896	3.158	3.182	3.313

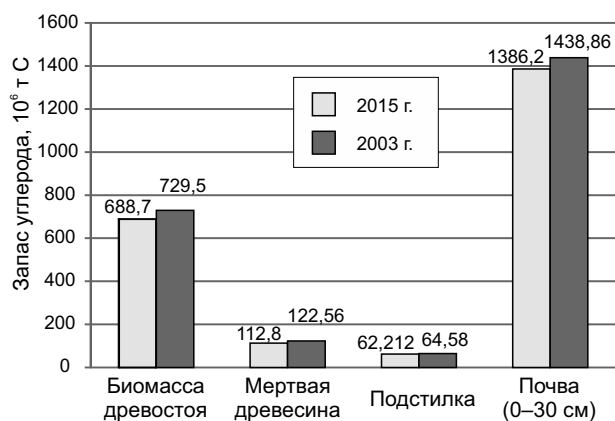


Рисунок 1. Запас углерода на территории Приморского края за 2003, 2015 гг., 10<sup>6</sup> т С

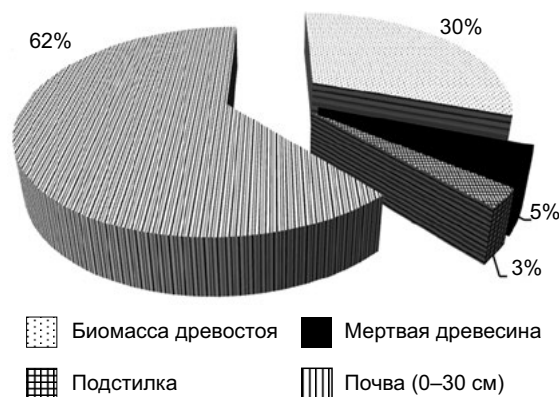


Рисунок 2. Процентный запас углерода на территории Приморского края за 2015 год

## BIOINFORMATIC TECHNOLOGIES IN CYCLE ASSESSMENT CARBON IN MAN-MADE FORESTS PRIMORIYE

D.A. Golubev<sup>1,2</sup>, M.U. Filatova<sup>1</sup>, L.T. Krupskaya<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Pacific National University,

<sup>2</sup>Far East Scientific-Research Institute of Forestry, poet.golubev@mail.ru

The article presents the results of the research problems of the use of information technology in the assessment of carbon cycle in a controlled man-made forests of Primorye Territory, which was the purpose of the work. When collecting and analyzing materials, the following methodological approaches: silvicultural, geoecological, inventory areas, statistics. The calculations are performed in the regional assessment of forest carbon budget program (RAFCB). Analysis, generalization and systematization

of data in the literature suggests that a significant number of publications devoted to various aspects of the carbon budget of forests of Russia. It was established that in the global carbon cycle, forests play an important role, as characterized by the largest reserves of phytomass. However, the growth of man-made human activity leads to disruption of the balance of the carbon cycle of the planet. The basic types of forest ecosystems and forestry activities are described that affect the carbon balance of managed forests technological Primorye. The study results indicate a decrease in the carbon stock in the study area in 2015, compared with 2003. It was found a gradual increase in carbon dioxide emissions for the forest-covered areas in the Primorsky Territory.