

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.054.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЛЕСОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 08 апреля 2021 г. № 11

О присуждении Фролову Павлу Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Моделирование популяций кустарничков в лесных экосистемах и их вклада в динамику углерода и азота» по специальности 03.02.08 – Экология (биология) принята к защите 31 января 2020 г. (протокол № 08) диссертационным советом Д 002.054.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лесоведения Российской академии наук, 143030 Московская область, Одинцовский район, пос. Успенское, ул. Советская, д. 21, утвержденным приказом Минобрнауки России № 714/нк от 02.11.2012 г.

Первоначально защита диссертации была назначена на 02 апреля 2020 г. Однако в связи с санитарно-эпидемиологической ситуацией было принято решение о переносе защиты на более поздний срок (протокол № 09 от 26.03.2020 г.). Приказом врио директора Института лесоведения РАН № 22 от 22.03.2021 г. деятельность диссертационного совета Д 002.054.01 была возобновлена, новая дата защиты – 08.04.2021 г. (протокол № 10 от 25.03.2021 г.).

Соискатель Фролов Павел Владимирович 1987 года рождения. С 2016 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории моделирования экосистем Института физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Пушинский научный центр биологических исследований Российской академии наук» (ИФХиБПП РАН).

В 2004-2010 гг. прошел обучение в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Московский педагогический государственный университет» по специальности «Биология» с дополнительной

специальностью «Химия». В 2011-2013 гг. обучался в магистратуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Пущинского государственного естественно-научного института по специальности «Биология» со специализацией «Системная экология».

В 2013-2017 гг. обучался в очной аспирантуре Института физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук» по специальности 03.02.08 – экология (биология). Диссертация выполнена в лаборатории моделирования экосистем Института физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук».

Научные руководители:

Комаров Александр Сергеевич, доктор биологических наук, профессор, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», лаборатория моделирования экосистем, заведующий лабораторией,

Шанин Владимир Николаевич, кандидат биологических наук, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», лаборатория моделирования экосистем, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Уланова Нина Георгиевна, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», профессор кафедры экологии и географии растений,

Александров Георгий Альбертович, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики

атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, лаборатория математической экологии, старший научный сотрудник, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)**, г. Сыктывкар, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом биологических наук **Тужилкиной Валентиной Васильевной**, старшим научным сотрудником отдела лесобиологических проблем Севера, отмечает, что результаты диссертационного исследования вносят вклад в развитие теории лесной экологии бореальной зоны. Автором разработана модель количественного анализа популяционной динамики кустарничкового яруса лесных экосистем, на примере черники и брусники рассмотрена роль кустарничков в круговороте биофильных элементов (углерода и азота). Методами имитационного моделирования определен вклад данных растений в круговороте углерода и азота в лесных экосистемах. Разработанная модель дает возможность прогнозировать сроки и условия восстановления кустарничкового покрова, уничтоженного или поврежденного в результате антропогенных воздействий на лесные фитоценозы. Диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор – Павел Владимирович Фролов – заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

Соискатель имеет 52 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 46 работ общим объемом 15,5 печ. л., в том числе 7 статей в изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ и индексируемых в международных базах данных. Объем работ по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, составляет 1,2 печатных листа. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Авторский вклад в опубликованные в соавторстве научные работы составляет не менее 60%.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Komarov A., Chertov O., Bykhovets S., Shaw C., Nadporozhskaya M., **Frolov P.**, Shashkov M., Shanin V., Grabarnik P., Pripulina I., Zubkova E. Romul_Hum – model

of soil organic matter formation coupled with soil biota activity. I. Problem formulation, model description, and testing // *Ecological Modelling*. 2017. Vol. 345. P. 113–124.

2. Chertov O., Komarov A., Shaw C., Bykhovets S., **Frolov P.**, Shanin V., Grabarnik P., Pripulina I., Zubkova E., Shashkov M. Romul_Hum – model of soil organic matter formation coupling with soil biota activity. II. Parameterisation of the soil food web biota activity // *Ecological Modelling*. 2017. Vol. 345. P. 125–139.

3. Chertov O., Shaw C., Shashkov M., Komarov A., Bykhovets S., Shanin V., Grabarnik P., **Frolov P.**, Kalinina O., Pripulina I., Zubkova E. Romul_Hum – model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity. III. Parameterisation of earthworm activity // *Ecological Modelling*. 2017. Vol. 345. P. 140–149.

4. **Frolov P.V.**, Zubkova E.V., Komarov A.S. A cellular automata model for a community comprising two plant species of different growth forms // *Biology Bulletin*. 2015. Vol. 42. No. 4. P. 279–286.

5. Комаров А.С., Зубкова Е.В., **Фролов П.В.** Клеточно-автоматная модель динамики популяций и сообществ кустарничков // *Сибирский лесной журнал*. 2015. № 3. С. 57–69.

6. Зубкова Е.В., Жукова Л.А., **Фролов П.В.**, Шанин В.Н. Работы А.С. Комарова по клеточно-автоматному моделированию популяционно-онтогенетических процессов у растений // *Компьютерные исследования и моделирование*. 2016. Т.8. №2. С. 285–295.

7. Надпорожская М.А., Зубкова Е.В., **Фролов П.В.**, Быховец С.С., Чертов О.Г. Соподчиненность почвенных условий и растительных сообществ в сосняках как следствие действия комплекса факторов // *Вестник Тверского государственного университета. Серия Биология и экология*. 2018. № 2. С. 122–138.

На автореферат диссертации поступило 10 отзывов из 10 организаций, подписанных 6 докторами и 4 кандидатами наук. Все отзывы положительные, из них 5 отзывов без замечаний, 5 отзывов содержат от 1 до 4 замечаний или вопросов.

Отзывы без замечаний:

1) Грабовский Василий Исаакович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН;

2) Надпорожская Марина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, кафедра агрохимии, биологический факультет Санкт-Петербургского государственного университета;

3) Рыжова Людмила Валерьяновна, кандидат биологических наук, доцент, кафедра биологии Марийского государственного университета, г. Йошкар-Ола;

4) Фрисман Ефим Яковлевич, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, лаборатория математического моделирования популяционных и экологических систем, Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Биробиджан, Еврейская автономная область;

5) Юзбеков Ахмед Кадивалиевич, доктор биологических наук, профессор, кафедра экологии и географии растений, биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Отзывы с замечаниями:

6) Логофет Дмитрий Олегович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, г. Москва, 1 замечание: Текст автореферата показывает, что соискатель привержен устаревшей традиции отечественной ботанической школы, согласно которой термины «возраст» и «возрастное состояние», которые здравым смыслом должны восприниматься как синонимы, таковыми не являются;

7) Лянгузова Ирина Владимировна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория экологии растительных сообществ, Ботанический институт Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, 1 замечание: в таблице 3 автореферата не указано, в каких единицах выражена концентрация азота;

8) Суховольский Владислав Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, лаборатория лесной зоологии, Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Красноярск, 1 замечание: Хотелось бы указать на недостаточное внимание к оценке влияния лесного яруса как некоторого внешнего поля на развитие изученных видов;

9) Ханина Лариса Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, лаборатория вычислительной экологии, Институт

математических проблем биологии Российской академии наук, г. Пущино, 4 замечания: 1) в автореферате не указано, в каком типе (или типах) леса, в каких лесорастительных условиях собраны данные для параметризации или валидации модели; 2) непонятно, почему результаты первого и второго имитационных экспериментов приведены только для одного из моделируемых видов; 3) при описании третьего и четвертого экспериментов нет информации, откуда автор брал данные по биомассе видов, и какая биомасса указана – надземная, подземная или общая; 4) непонятно, почему сведения о почве, почвенном климате и моделировании древостоя появляются только при описании пятого моделируемого сценария;

10) Шутов Василий Васильевич, доктор биологических наук, профессор кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Институт дизайна и технологий при Костромском государственном университете, г. Кострома, 3 замечания: 1) желательно четче выделить предлагаемые новые методические подходы; 2) семенное размножение черники и брусники сильно подавлено условиями произрастания, поэтому непонятно, как автор это учитывал; 3) температура подстилки в оптимуме для черники, на наш взгляд, очень высока.

Ответы на замечания содержатся в стенограмме заседания совета.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их научно-исследовательской деятельностью в области экологии, ботаники, популяционной биологии, математического моделирования природных процессов; опубликованными научными работами в ведущих рецензируемых журналах. Уланова Н.Г. – специалист по проблемам лесной геоботаники, имеет публикации по динамике травяно-кустарничкового яруса после природных и антропогенных катастроф. Александров Г.А. – специалист по математическому моделированию и прогнозированию климатических изменений и их влиянию на территориальные экосистемы. Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – организация, давно занимающаяся исследованием и учетом потоков углерода и азота, оценкой фитомассы разных ярусов лесных экосистем, анализом динамики восстановления растительности после нарушений разного характера и интенсивности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

обоснована значимость роли кустарничков в выполнении экосистемных функций, в частности активном участии в биогеохимических циклах углерода и азота;

доказано, что кустарнички вносят существенный вклад в круговорот углерода и азота в лесных экосистемах за счет высокой скорости оборота биомассы, и, следовательно, могут выступать в качестве быстрого резервного пула биофильных элементов;

показано влияние биологических и экологических свойств видов на динамику ценопопуляций кустарничков рода *Vaccinium* при стационарных условиях и при различных внешних воздействиях.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что сочетание техник клеточно-автоматного, матричного моделирования и техники L-систем позволяет моделировать популяционную динамику кустарничковых растений в пространственно-неоднородной среде, а также учитывать индивидуальные особенности организмов при масс-балансовом подходе к прогнозированию их продуктивности; Видоспецифичные биологические и экологические свойства кустарничков, такие как их структурно-функциональная организация, поливариантность онтогенеза, диапазоны толерантности к экологическим факторам, определяют устойчивость ценопопуляций к внешним воздействиям, скорость занятия территории при инвазии и способность к ее удержанию; кустарнички вносят существенный вклад в круговорот углерода и азота в лесных экосистемах за счет высокой скорости оборота биомассы, и, следовательно, могут выступать в качестве быстрого резервного пула биофильных элементов;

проведено обоснование методов построения и разработаны вычислительные алгоритмы математических моделей динамики популяций и сообществ растений, основанные на концепции дискретного описания онтогенеза растений по Т.А. Работнову и А.А. Уранову, и объединяющие подходы к моделированию с помощью вероятностных клеточных автоматов, L-систем и матричных моделей; разработаны методические основы и вычислительные алгоритмы математических моделей динамики биофильных элементов в популяциях растений, основанные на видоспецифичных особенностях фотосинтеза в гиперобъеме экологических факторов, с применением масс-балансного подхода; разработанные вычислительные

алгоритмы реализованы в виде программного продукта, предназначенного для оценки динамики популяций кустарничков и их вклада в круговорот углерода и азота; количественно определено влияние биологических и экологических свойств видов на их популяционную динамику, продуктивность и взаимоотношения с окружающей средой; дан прогноз динамики популяций кустарничков и определен их вклад в круговорот углерода и азота в лесных экосистемах при развитии без внешних воздействий и при нарушениях разного рода в различных по экологическим условиям местообитаниях.

применительно к проблематике диссертации результативно использованы классические и современные методы исследования: геоботанические, популяционно-онтогенетические, экофизиологические, математические и статистические;

изложены результаты количественного анализа популяционной динамики доминантов кустарничкового яруса бореальной зоны (на примере черники и брусники) и их участия в круговороте биофильных элементов (углерода и азота) как при стационарных условиях, так и при внешних воздействиях различной интенсивности методами имитационного моделирования;

изучены морфологические особенности черники (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и их особенности онтогенеза; факторы, влияющие на продуктивность исследуемых видов растений; особенности распределения биомассы между органами черники и брусники, а также содержание в них углерода и азота; структура и динамика ценопопуляций исследуемых видов в сообществах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

определены: (1) влияние морфологической и динамической поливариантности онтогенеза на устойчивость ценопопуляций кустарничков к рекреационной нагрузке, скорость занятия территории при инвазии и способность ее удержания; (2) продуктивность кустарничков при стационарных условиях и при изменении климата; (3) динамика продуктивности черники и брусники после выборочных рубок; (4) вклад исследуемых кустарничков рода *Vaccinium* в круговорот углерода и азота лесных экосистем по балансу элементов на примере сосняка чернично-брусничного;

представлена информация о применении разработанной модели CAMPUS-S для анализа влияния биологических и экологических свойств видов на динамику ценопопуляций кустарничков рода *Vaccinium* при разных вариантах лесопользования с позиции комплексного обеспечения экосистемными услугами и с учетом нестационарности условий окружающей среды; в частности, разработанная модель дает возможность прогнозировать сроки и условия восстановления кустарничкового покрова, уничтоженного или поврежденного в результате различного рода воздействий на лесные массивы и насаждения, а также позволяет косвенно оценивать недревесную продукцию лесных экосистем; проведенная работа по параметризации модели данными о биологии и онтогенезе черники и брусники позволяет учитывать вклад кустарничков в секвестирование углерода и азота в биомассе и органическом веществе почвы в бореальных лесах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены в ходе оригинального исследования; возможна дальнейшая работа в данном направлении, в том числе по изучению вклада других доминирующих видов травяно-кустарничкового яруса в круговорот углерода и азота лесных экосистем;

теория построена на проверяемых данных и согласуется с выводами научных публикаций по анализируемой в диссертации тематике;

идея базируется на синтезе современных подходов к моделированию популяционной динамики и продуктивности растений;

использовано сравнение результатов анализа полученных автором данных с закономерностями, ранее выявленными по рассматриваемой тематике другими исследователями;

установлено согласование полученных в ходе данного исследования результатов с результатами опубликованных работ других авторов;

использованы общепринятые методики по сбору материала на трех уровнях организации живого – организменном, популяционном и ценоотическом;

разработанные автором вычислительные алгоритмы математических моделей (1) динамики популяций и сообществ растений, основанные на концепции дискретного описания онтогенеза растений и (2) моделей динамики биофильных элементов в популяциях растений, основанные на видоспецифичных особенностях фотосинтеза в гиперобъеме экологических факторов и реализованные в виде программного продукта CAMPUS-S; современное программное обеспечение для статистической обработки.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературы по морфологическим, экофизиологическим, онтогенетическим особенностям черники и брусники, а также по существующим подходам к моделированию популяционной динамики и продуктивности растений; участии в полевых экспедициях по сбору материала (геоботанические описания, биометрические измерения, популяционные учеты, измерения факторов среды); разработке программного продукта CAMPUS-S, основанного на концепции дискретного описания онтогенеза растений и учитывающего видоспецифичные особенности фотосинтеза в гиперобъеме экологических факторов, позволяющего детально анализировать популяционную динамику кустарничков и их вклад в круговорот углерода и азота в лесных экосистемах с учетом особенностей морфологического строения, скорости развития в онтогенезе, а также продуктивности растений при различных абиотических и биотических условиях среды; статистической обработке полученных данных и формулировке результатов исследования.

На заседании 08.04.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Фролову П.В. ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 17 человек (из них 7 докторов наук по специальности 03.02.08 – экология), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, воздержавшихся - нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета
08.04.2021 г.



Вомперский Станислав Эдуардович

Уткина Ирина Анатольевна