

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.005.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЭКОЛОГИИ
РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.12.2024 г. № 2

О присуждении Тумуржав Шинэхуу, имеющему гражданство Монголии, учёной степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Влияние климатических и антропогенных факторов на функциональное разнообразие растений степей Южной Сибири и Северной Монголии» по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки) принята к защите 15.10.2024 г. (протокол заседания №3), диссертационным советом Д 004.005.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, адрес организации: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, дом 202, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Тумуржав Шинэхуу, «5» декабря 1990 года рождения, в 2014 году окончил магистратуру государственного университета Монголии, в 2021 году окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», работает научным сотрудником в лаборатории экологической физиологии растений и экспериментальной фитоэкологии Института экологической и сельскохозяйственной биологии (Х-БИО) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет».

Диссертация выполнена в лаборатории экологической физиологии растений и экспериментальной фитоэкологии Института экологической и

сельскохозяйственной биологии (Х-БИО) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет», а также в Институте естественных наук и математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Научный руководитель – кандидат биологических наук, Иванова Лариса Анатольевна, заведующий лабораторией экологической физиологии растений и экспериментальной фитоэкологии Института экологической и сельскохозяйственной биологии (Х-БИО) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет».

Официальные оппоненты:

Розенцвет Ольга Анатольевна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории исследования экосистем Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук – Филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского Федерального исследовательского центра Российской академии наук,

Евлаков Пётр Михайлович – кандидат биологических наук, главный научный сотрудник научного центра лесных биотехнологий и постгеномных технологий Научно-исследовательского института «Инновационных технологий и лесного комплекса» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук в своём положительном отзыве, подписанном Бурундуковой Ольгой Леонидовной, кандидатом биологических наук, старшим научным

сотрудником лаборатории клеточной биологии и биологии развития, Хроленко Юлией Анатольевной, кандидатом биологических наук, старшим научным сотрудником лаборатории клеточной биологии и биологии развития, Горпенченко Татьяной Юрьевной, кандидатом биологических наук, старшим научным сотрудником лаборатории клеточной биологии и биологии развития, и утвержденном Куприным Александром Витальевичем, кандидатом биологических наук, заместителем директора по научной работе временно исполняющим обязанности директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, указала, что диссертация Тумуржав Шинэхуу является фундаментальным научным исследованием и представляет собой значительный вклад в изучение функционального разнообразия растений степей Центральной Азии. Полученные автором результаты имеют несомненную новизну, научную и практическую значимость, основаны на достоверных уникальных данных полевых и лабораторных исследований.

Диссертация «Влияние климатических и антропогенных факторов на функциональное разнообразие растений степей Южной Сибири и Северной Монголии» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней (пп. 9-11, 13, 14), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 20.03.2021 г. № 426, а ее автор Тумуржав Шинэхуу заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 13 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы. Тумуржав Шинэхуу лично принимал участие в сборе и обработке материала, обсуждение результатов и написании

текста работ. Общий объём публикаций составляет 84 страницы. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ivanova L. A. Leaf traits of C₃- and C₄-plants indicating climatic adaptation along a latitudinal gradient in Southern Siberia and Mongolia / L. A. Ivanova, L. A. Ivanov, D. A. Ronzhina, P. K. Yudina, S. V. Migalina, **Tumurjav Shinekhoo**, G. Tserenkhand, P. Yu. Voronin, O. A. Anenkhonov, S. N. Bazha, P. D. Gunin // *Flora*. – 2019. – Vol. 254. – P. 122-134.

2. Bazha S. N. Ecological and biological features of the distribution of the Siberian Apricot (*Prunus sibirica* L.) in the Southern part of the Selenga River basin / S. N. Bazha, T. G. Baskhaeva, E. V. Danzhalova, Y. I. Drobyshev, L. A. Ivanov, L. A. Ivanova, S. V. Migalina, Yu. A. Rupyshev, V. I. Ubugunova, E. A. Bogdanov, S. Khadbaatar, E. G. Tsyrempilov, G. Tserenkhand, **Tumurjav Shinekhoo** // *Arid Ecosystems*. – 2020. – Vol. 10(4). – P. 284-292.

3. Ivanov L. A. Altitude-dependent variation in leaf structure and pigment content provides the performance of a relict shrub in mountains of Mongolia / L. A. Ivanov, S. V. Migalina, D. A. Ronzhina, **Tumurjav Shinekhoo**, Gundsambuu Ts., S. N. Bazha, L. A. Ivanova // *Annals of Applied Biology*. – 2022. – P. 1-11.

4. **Tumurjav Shinekhoo**. Species-specific and environment-sensitive functional traits in six steppe plant species with different roles in community / S. Tumurjav, L. A. Ivanova, Yu. A. Rupyshev, S. V. Migalina, S. N. Bazha, L. A. Ivanov // *Historia Naturalis Bulgarica*. – 2024. – V. 46(6). – P. 147-163.

На диссертацию и автореферат поступили 15 отзывов от д-ра биол. наук Державиной Н.М., д-ра биол. наук Плотниковой Л.Я., д-ра с.-х. наук Жарковой Н.Н., д-ра биол. наук Воронина П.Ю., канд. биол. наук Данжаловой Е.В., канд. биол. наук Басхаевой Т.Г., д-ра биол. наук Шмаковой Н.Ю., д-ра биол. наук Королюка А.Ю., д-ра биол. наук Аненхонова О.А. и канд. биол. наук Санданова Д.В., д-ра биол. наук Масловой С.П. и канд. биол. наук Далькэ И.Г., д-ра с.-х. наук Сапеги В.А., канд. биол. наук Вознесенской Е.В., канд. биол. наук Придача В.Б., канд. биол. наук Лёвкиной М.Н.

В отзывах отмечено, что тема диссертационной работы является

актуальной, поскольку связана с необходимостью изучения функциональных признаков растений при расширении площади засушливых территорий в условиях меняющегося климата. Работа характеризуется значительной новизной, теоретической и практической значимостью, в ней впервые показана связь надземной фитомассы растений с фотосинтетической способностью и внутренней структурой листьев и функциональные свойства растений в экосистемах с разной степенью антропогенной трансформации. Соискателем использован широкий спектр методов и подходов в полевых и лабораторных условиях, что позволило убедительно обосновать положения диссертации, выносимые на защиту. Выводы основаны на достаточном фактическом материале.

В отзывах приведены следующие замечания: в формулировке темы работы следовало уточнить, что исследования относятся к листовому аппарату растений и не затрагивают другие органы; результаты многомерного анализа по методу главных компонент нужно было привести в экспериментальном разделе, а не в «Заключении»; в автореферате нужно было привести список сокращений; «сообщество-1» (Курумканский р-н), указанное как «ненарушенная настоящая степь» следовало назвать как «менее нарушенное», поскольку два из трех наиболее распространенных видов (*Artemisia frigida* и *Potentilla acaulis*) являются типичными представителями пастбищного дигрессионного ряда; не указано на основании каких признаков или источников исследуемые виды были классифицированы по экологическим группам (от мезофитов до ксерофитов); на рис. 3 не корректны единицы измерения «доли ксерофитов» (ось ординат); в автореферате в главе 4 (стр. 12) нет полного списка изученных видов; почему в двух районах Баргузинской котловины заметно выше роль ксерофитов, в то время как количество осадков здесь максимально, а средняя годовая температура минимальна; почему автор не использовал биоклиматические параметры, например, степень аридности, которая может быть выражена в отношении количества осадков к потенциальной испаряемости; не отражено в доле влияния факторов, какие

конкретно показатели климатических условий были включены в дисперсионный анализ; не представлены данные о типах почв в пунктах исследований.

В отзывах содержались вопросы: насколько велика разница между реакцией однодольных и двудольных растений на изменение климата и усиление антропогенной нагрузки на исследованные сообщества; какие виды будут доминировать через десятилетия в исследованных сообществах с сильной антропогенной трансформацией; насколько типичными были условия для произрастания растений в 2018 году, учитывая, что результаты были получены при выполнении исследований в ходе только одного полевого сезона; удалось ли автору на практике (или модельно) использовать количественные признаки фотосинтетических тканей наиболее обильных видов сообщества для прогнозирования его продуктивности; что означает понятие «образец»?

Все отзывы имеют положительное заключение. В них указано, что диссертация соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Тумуржав Шинэхуу заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией в области диссертационного исследования, что подтверждается наличием научных работ по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея о зависимости продуктивности травяных сообществ Центрально-Азиатского региона от фотосинтетической способности и интегральных параметров внутренней структуры листьев доминирующих и преобладающих в сообществе видов. Выявлены закономерности внутривидового и межвидового варьирования

функциональных показателей растений и функциональных свойств степных растительных сообществ, предложен новый комплексный подход к оценке функционального состояния растительности и прогнозирования ее изменений при возможных климатических и антропогенных воздействиях на основе анализа функциональных признаков листьев растений степей Центрально-Азиатского региона с учетом положения видов в сообществе, доказано, что интегральные показатели внутренней структуры листьев растений – общее число хлоропластов и общая поверхность мезофилла в единице площади листа – являются наиболее информативными признаками для связи растений с климатом и антропогенным воздействием, а также с уровнем продуктивности травяного растительного сообщества, введены в научный оборот сведения о функциональных показателях (структурных и физиологических) листьев для 121 вида сосудистых растений Центрально-Азиатского региона.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: результаты работы имеют большое значение для решения фундаментальных проблем экологии растений, связанных с разработкой подхода к оценке функционального состояния растительности и прогнозирования ее изменений при возможных климатических и антропогенных воздействиях. Выявленные закономерности внутривидового и межвидового варьирования функциональных показателей растений позволяют прогнозировать пределы климатического распространения видов растений Центрально-Азиатского региона. Исследование функциональных свойств растений в экосистемах с разной степенью антропогенной трансформации позволяет оценить адаптационный потенциал видов и прогнозировать возможную смену доминантов растительных сообществ, применительно к проблематике диссертации результативно использован комплексный анализ функциональных признаков листьев растений с учетом положения видов в сообществе, при этом работы проводили как в полевых, так и в лабораторных условиях с применением разнообразных методик

измерения, в том числе анатомических, физиологических, биохимических методов и компьютерного анализа изображений,

изложены факты, свидетельствующие, что растения степей характеризуются большим разнообразием значений функциональных признаков, но уровень варьирования зависит от признака. Структурные признаки – толщина листа, объем клетки и число хлоропластов в клетке – обладают высокой видоспецифичностью, в то время как физиологические показатели – фотосинтетическая способность, содержание пигментов и эффективность использования воды – в большей степени зависят от условий произрастания, чем от вида растения,

раскрыты противоречия в результатах влияния антропогенного нарушения на продуктивность степных растительных сообществ, связанные с отсутствием значимого снижения фитомассы травяного сообщества при усилении антропогенной трансформации. Показано, что антропогенное нарушение приводит не только к снижению видового богатства и общего проективного покрытия, но и к повышению обилия видов с другими функциональными признаками: с большей толщиной листа, большей площадью поверхности мезофилла и более высокой интенсивностью фотосинтеза, что при умеренной степени трансформации компенсирует негативное влияние нарушения на продуктивность травяного сообщества.

изучены факторы, влияющие на изменение функциональных показателей растений на внутривидовом уровне, а также на уровне вида и сообщества, в частности обнаружена связь функциональных показателей растений с высотой над уровнем моря, водным дефицитом, степенью антропогенной трансформации сообщества,

проведена модернизация существующих алгоритмов расчета функциональных свойств травяного растительного сообщества, а именно уровня поглощения углекислого газа, транспирационных потерь и общей площади поверхности мезофилла на единицу площади сообщества с использованием показателей доминантных и наиболее обильных видов и их проективного покрытия в данном сообществе. Показано, что надземная

фитомасса имела более высокую связь с абсолютными значениями максимального поглощения CO_2 и площади поверхности мезофилла в расчете на единицу площади сообщества, чем с суммарным проективным покрытием.

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

разработаны новые подходы к установлению связи структуры мезофилла с интенсивностью фотосинтеза на уровне вида и сообщества, а также выявлены характеристики растений разных экологических групп, которые внедрены в курсы дисциплин «Экологическая физиология растений» и «Экология» в Тюменском государственном университете,

определены перспективы практического использования функциональных показателей растений для оценки адаптационного потенциала видов и сообществ и прогнозирования возможной смены доминантов растительных сообществ,

создана основа для разработки системы показателей растений, которые могут служить индикаторами функционального ответа растений и растительных сообществ на климатические и антропогенные воздействия,

представлены данные по уровню поглощения углекислого газа и транспирации листовым пологом травяных сообществ Южной Сибири и Северной Монголии, которые могут быть использованы для оценки углеродного и водного баланса естественных и антропогенно нарушенных экосистем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовано современное оборудование: для измерения интенсивности фотосинтеза и транспирации - портативная фотосинтетическая система Li-6400 XT (Li-COR, США); для определения содержания фотосинтетических пигментов - портативный спектрофотометр Odyssey DR/2500 (Hach, США); для изучения структуры листа - микротом HM525NX (Thermo Scientific, Германия), световой микроскоп Axiostar plus (Zeiss, Германия) и система анализа изображений Simagis Mesoplant (ООО

«СИАМС», Екатеринбург, Россия),

идея зависимости продуктивности травяного сообщества от функциональных свойств и величины листовой поверхности наиболее обильных видов в сообществе построена на представлениях о том, что надземная фитомасса травяной растительности может использоваться для оценки чистой первичной продуктивности экосистем (Scurlock et al., 2002; Garnier et al., 2004) и подтверждается опубликованными экспериментальными данными о связи надземной фитомассы луговых сообществ и пастбищ Европы со взвешенными значениями некоторых признаков листьев, таких как площадь листа, площадь единицы массы листьев, содержание сухого вещества и содержание азота в листе (Garnier et al., 2004; Pontes et al., 2007; Lavorel et al., 2011; Gornish, Prather, 2014),

идея исследования базируется на подробном анализе и обобщении опубликованных данных о биологических и физиологических особенностях степных растений (Бобровская, 1991; Лавренко и др., 1991; Henwood, 1998; Galmes et al., 2012; Wesche et al., 2016), их приспособлениях к условиям засушливого климата (Горшкова, Зверева, 1988; Гунин и др., 2003, 2012, 2016; Слемнев и др., 2005; Vazha et al., 2020), роли фотосинтеза в адаптации растений к условиям среды (Пьянков, Мокроносов, 1993; Слемнев и др., 2005; Galmes et al., 2012),

использованы для сравнения результаты исследований влияния экологических факторов на изменение признаков листьев степных растений (Буинова, 1988; Гамалей, Шийревдамба, 1988; Горышина, 1989; Зверева, 2000; Galmes et al., 2012; Ivanova et al., 2018, 2019),

установлено совпадение полученных результатов с литературными данными: значения большинства показателей листьев изученных растений степей Южной Сибири и Северной Монголии находились в пределах, отмеченных в литературных источниках для степных растений других географических районов (Буинова, 1988; Гамалей, Шийревдамба, 1988; Зверева, 2000; Иванов и др., 2004; Юдина, 2018; Ivanova et al. 2018, 2019), подтверждены обнаруженные ранее многими авторами различия в функциональных

показателях листьев между мезофитами и ксерофитами, для степных ксерофитов характерно формирование мелких листьев с повышенной плотностью и большой долей механических тканей (Гамалей, Шийревдамба, 1988; Горышина, 1989; Зверева, 2000; Воронин и др., 2003), с большим количеством мелких клеток и хлоропластов на единицу площади листа (Зверева, 1986; Ронжина, Пьянков, 2001аб; Иванов и др., 2004б; Иванова, 2014; Юдина и др., 2013, 2020), показана высокая зависимость толщины и плотности листа от вида растения и малое варьирование этих показателей внутри вида, что подтверждает стабильность и высокую видоспецифичность морфологических параметров целого листа для степных растений (Юдина и др., 2017; Ivanova et al., 2018), подтверждена связь надземной фитомассы травяного сообщества со средневзвешенными значениями функциональных показателей листьев растений (Garnier et al., 2004; Pontes et al., 2007; Lavorel et al., 2011; Gornish, Prather, 2014; Ivanova et al., 2018),

использованы современные инструментальные методы измерений в области физиологии, биохимии и анатомии растений, адекватные поставленным задачам, проанализирован большой фактический материал: 214 образцов, принадлежащих к 121 виду растений из 32 семейств, изученных в 23 растительных сообществах в 5 географических районах Южной Сибири и Северной Монголии. Статистический анализ проведен с использованием программного обеспечения STATISTICA (StatSoft Inc., USA) и MS Excel, одно- и двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Для анализа всей выборки данных, с учетом всех факторов и переменных использовали многомерный анализ по методу главных компонент (PCA). Взаимосвязи между переменными изучали с помощью корреляционного анализа Пирсона.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии на всех этапах работы в полевых и лабораторных исследованиях, в разработке общего плана исследований, в поиске и анализе литературных данных. Автором лично изучено 214 образцов, принадлежащих к 121 виду растений Южной Сибири и Северной Монголии, более чем по 30 функциональным показателям. Лабораторные исследования,

анализ, интерпретация и обобщение результатов выполнены Тумуржав Шинэхуу лично, текст диссертации написан самостоятельно. Автор принимал непосредственное участие в подготовке всех публикаций, представлял результаты исследований на конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Как Вы оценивали дефицит воды в полевых условиях? Эффективность использования воды?

2. Сколько лет Вы работали и как Вы отбирали образцы для лабораторных анализов? Выбирали ли сроки сбора образцов?

3. Повторяли ли Вы исследования в одном и том же месте в разные годы?

4. Когда Вы рассчитывали средневзвешенные значения, Вы взвешивали каждое значение вида на его долю в проективном покрытии в сообществе. Точно так же Вы могли взвешивать на долю в фитомассе. Почему Вы выбрали долю в проективном покрытии, а не в фитомассе?

5. Что такое коэффициент антропогенной нарушенности в сообществе?

6. Откуда взята информация о том, что данный вид является видом крайних степей дегрессии или рудеральным?

7. Насколько внешне отличались сообщества крайних стадий дегрессии? То есть ненарушенные и сильно нарушенные? Чем они отличались? Насколько высока была степень сбитости этих пастбищ? Были ли там участки голой почвы?

8. Что такое функциональное разнообразие растений? И чем это отличается просто от варьирования функциональных признаков?

Соискатель Тумуржав Шинэхуу ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию:

1. Эффективность использования воды рассчитывали как отношение фотосинтеза к интенсивности транспирации.

2. Для исследования отбирали 30-50 неповрежденных листьев среднего листового яруса. Для каждого вида 10-20 растений одного вида собирали и фиксировали в пробирку – это образец для данного вида, данной точки. Мы отбирали образцы из среднего листового яруса в фазе бутонизации и цветения.

3. Мы собирали образцы в 2018 году, только один полевой сезон. Потому что проводили исследование вдоль климатического градиента общей длиной 600 км.

4. Потому, что среднее арифметическое и средневзвешенное значение этих показателей означает для листового полога сообщества, а абсолютное значение этих параметров означает в расчете на единицу площади сообщества. Поэтому мы использовали это абсолютное значение.

5. Антропогенная трансформация – это отношение проективного покрытия дигрессионных и рудеральных видов в суммарном проективном покрытии. Это наиболее обильных видов.

6. Геоботаническое описание видов и их оценки проективного покрытия были полностью выполнены геоботаником, нашим коллегой, Юрием Алексеевичем Рупышевым. Он работает сотрудником лаборатории флористики и геоботаники в Институте общей и экспериментальной биологии Республики Бурятия.

7. Степень нарушенности сообщества оценивали по коэффициенту антропогенной трансформации. Про это указано в диссертации подробно, там раздел метода страницы 48. Это подробно там написано.

8. Под функциональным разнообразием растений мы понимаем разнообразие значений функциональных признаков. А функциональные признаки — это морфологические, физиологические, биохимические параметры, связанные с основными функциями растения и отражающими влияние условия среды.

На заседании 17.12.2024 диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития экологии в целом и понимания влияния климатических и антропогенных факторов на

функциональное разнообразие растений степей Южной Сибири и Северной Монголии в частности, присудить Тумуржав Шинэхуу учёную степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки), участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

д-р биол. наук, проф., чл.-корр. РАН

Смирнов Николай Георгиевич



Ученый секретарь диссертационного совета

канд. биол. наук

Золотарева Наталья Валерьевна



Дата оформления заключения 20.12.2024

