

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Аненхонова Олега Арнольдовича "Лесная растительность Западного Забайкалья", представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальностям 03.02.01 – ботаника и 03.02.08 – экология

Работа посвящена климатогенным изменениям растительности Западного Забайкалья – региона, занимающего экстремальные позиции во многих экологических и климатических градиентах. Повышение термических параметров в сочетании с усилением сезонной контрастности климата региона, регистрируемое в последние десятилетия, не только приводит к изменениям растительного покрова, но и вообще ставит под вопрос существование лесной растительности в условиях глобального потепления. Лесная растительность в регионах с ультраконтинентальным климатом – одновременно и индикатор климатических изменений, и объект для исследования адаптаций растений к экстремальным условиям среды. Классификация растительности в данном случае представляется не только инструментом упорядочения разнообразия биоты на уровне экосистем, но и как необходимое условие формализации состояния биоты для построения моделей, описывающих отношения растительности и климата, а также для прогнозирования ее изменения при реализации различных климатических сценариев. Целью диссертанта было определить синтаксономическую структуру лесной растительности Западного Забайкалья и установить вероятные направления ее динамики при изменениях климата. Этим и определяется **актуальность** поставленной автором проблемы. Работа ознаменовала собой появление нового пула качественной информации по разнообразию лесной растительности ранее слабо изученного региона. Профессионально проведенный анализ привел к отнюдь не тривиальным выводам.

Работа основана на анализе обширного оригинального геоботанического материала, полученного автором в период 1987–2015 годов, и на критическом анализе всего объема геоботанических данных, когда-либо полученных на территории Западного Забайкалья поколениями исследователей. Следует отметить, что вклад автора в исследования разнообразия растительного покрова региона – весьма велик, и представляется одним из самых существенных в истории исследования растительности региона. Выполнено более 1800 геоботанических описаний в разных типах растительности; материал помещен в Базу данных растительности Сибири и, таким образом, стал доступен широкому кругу исследователей. В рамках поставленной проблемы проведены глубокие синтаксономические исследования классов *Vaccinio-Piceetea*, *Rhytidio-rugosi-Laricetea sibiricae*, *Quercu mongolicae-Betuletea davuricae* и *Brachypodio pinnati-Betuletea*. Важность и актуальность данных исследований на территории Забайкалья подчеркивается тем обстоятельством, что все вышеупомянутые классы здесь имеют климатические пределы распространения и, поэтому, исключительно важны для понимания климатогенной динамики растительного покрова. Проведенные исследования и теоретические обобщения, сделанные диссертантом, – это заметный вклад в решение фундаментальной проблемы связи растительности и факторов среды, поддерживающих региональное разнообразие, а также существенный вклад в решение проблемы климатогенных изменений растительного покрова. Таким образом, определение цели работы диссертантом как установление вероятных направлений динамики растительности при изменениях климата представляется правомерным: проведено действительно разностороннее изучение растительности данного региона.

Структура работы

Диссертация в целом оптимально структурирована: состоит из Введения, 7 содержательных глав, Выводов, Списка литературы из 600 источников (из них 141 – иностранных), и двух приложений, изложена на 471 странице, содержит 48 таблиц, проиллюстрирована 52 рисунками.

Во **Введении** автор обращает внимание на существование подробных сведений о растительности Западного Забайкалья, в целом позволяющих представить общие закономерности пространственной структуры растительности региона, которых однако недостаточно для детального сравнительного анализа растительности и ее использования как формального индикатора климатических изменений. Исследования предшественников по большей части выполнены на основе разных методологических подходов и формально являются несравнимыми. В этой связи обосновывается целесообразность использования теории и методологии западно-европейской геоботанической школы для исследования разнообразия растительного покрова и установления закономерностей в нем. Другой важной проблемой, на решение которой направлена работа, – поиск индикаторов климатических изменений в растительном покрове и их использование на выявление вероятных направлений изменений растительности. Цель и задачи работы сформулированы, на мой взгляд, корректно. После прочтения всей работы создается ощущение, что основные положения, выносимые на защиту, могли бы быть более конкретными. Это особенно касается второго положения, которое фактически говорит о "скрытости", то есть о недоказанности или недоказуемости существования климатогенной динамики растительного покрова. **Научная новизна** работы заключается в: 1) разработке оригинальной, впервые цельной для Западного Забайкалья синтаксономической системы лесной растительности; 2) анализе многообразия проявлений климатических изменений в условиях умеренного ультраконтинентального климата; 3) предложенном оригинальном сценарии развития растительного покрова при реализации прогнозируемого климатического сценария для региона. Кроме того, автором сделано то, что обязан делать каждый ботаник: ряд видов сосудистых растений впервые отмечен в регионе, для ряда видов приведены новые местонахождения.

Содержание глав

Природные условия района исследования детальнейшим образом проанализированы **в первой главе**. Следует отметить, что геология и рельеф, климат, гидрография Западного Забайкалья охарактеризованы достаточно полно; при написании главы использованы современные источники, а явно "вторичная" для автора географо-геологическая и климатическая терминология применяется очень корректно. Дана важная для понимания закономерностей размещения растительного покрова информация о региональных климатических проявлениях, связанных с особенностями рельефа и залеганием и характером вечной мерзлоты. В главе цитируются все важнейшие источники, дается характеристика растительного покрова, основанная на собственных наблюдениях автора в районах, пока не охваченными геоботаническими исследованиями. По главе замечаний нет.

Во второй главе приведены сведения о материалах и методах исследования. Работа базируется на оригинальном материале, составляющем более 1800 геоботанических описаний. Автор уделяет большое внимание качеству исходных материалов, и это демонстрируется отношением автора к сбору и определению обширного гербарного материала, в котором задействованы ведущие российские специалисты, эксперты по разным таксономическим группам растений. Приводятся описание процедуры классификации растительности, особенности анализа ценофлор, особенности экологического анализа и краткое описание дендрэкологического анализа. Главное замечание к главе – отсутствие полного "сценария" исследования, который бы показал логику выбора методов: от получения первичных данных до ответа на главный вопрос, поставленный диссертантом: "каковы главные направления динамики растительности в условиях изменяющегося климата?" Глава не несет информации о постановке исследования в целом, о плане работ, их этапности, о методах, подключаемых на каждом этапе, о возможных альтернативных решениях на разных этапах. Есть ряд частных замечаний. Первое. В работе указано, что классификация растительности построена с использованием экологи-флористического подхода. В современной науке о рас-

тельности категорически отказываются использовать это понятие в единственном числе, так как способы реализации классификационных процедур в Германии, Чехии, Южной Африке, Японии, других странах имеют кардинальные методологические различия и рассматриваются в качестве разных подходов (см., например, de Caceres et al. 2015). В этой связи, ссылки на работы Westoff & Maarel 1973 и 1978 годов являются в некотором смысле устаревшими. Именно поэтому сейчас принято подробно описывать процедуру классификации, и особое внимание в этой процедуре уделять вопросам статистической валидации выделяемых единиц и воспроизводимости классификации. Второе. Кластерный анализ – не лучший метод тестирования результатов классификации. Наверняка у Вас в полученном дендрите все или почти все смешалось. Лучший способ тестирования классификации – использование независимого набора данных и установление устойчивости полученных единиц растительности. Третье. Для номенклатуры мохообразных использован устаревший источник; новая номенклатура – Ignatov et al. 2006. Четвертое. Почему в анализ активности и видового богатства включены только виды травяно-кустарничкового яруса?

В третьей главе рассматриваются теоретические основы изучения структуры и динамики растительного покрова. Глава по сути является обзорной и призвана продемонстрировать систему методологических принципов, применяемых диссертантом при анализе материала, и этим она существенно дополняет главу Материалы и методы. В ней последовательно разобраны свойства растительного покрова и подходы к исследованию данных свойств. Особое внимание уделяется дискретности и континуальности, растительному покрову как системе нечетких множеств, буферности растительности, а также взаимосвязи флуктуаций и сукцессий растительного покрова. Глава в целом позволяет представить систему взглядов автора на организацию и функционирование растительного покрова, что делает понятной логику дальнейших классификационных построений и заключений по закономерности динамики растительного покрова. Практически все положения данной главы достаточно спорны и могут быть объектами отдельных дискуссий, поскольку представления об организации растительного покрова и подходах к его изучению слишком уж различны иногда даже в пределах одной геоботанической школы, поэтому остановлюсь лишь на частных замечаниях. В таблице 3.1 напротив элемента – вида, основываясь на логике определения категорий остальных элементов, должен быть род.

Четвертая глава фактически представляет собой сравнительный анализ ценофлор и, строго говоря, не содержит информации о гетерогенности, исследованию которой посвящено множество работ и для измерения которой разработано множество индексов (см. работы Ricklefs 1977, 1987, Юрцев, Семкин 1980, Roberts 1996, Беликович 2001, Семкин 2007 и др.). Более того, название главы неудачно: флора не может быть основой синтаксономии, геоботаники все же работают с геоботаническими описаниями. Ценофлора – это производная продукта классификации растительности – синтаксонимической единицы, что и показывает автор, анализируя сходство видового состава синтаксонов в таблице 4.3. По материалам данной главы сформулирован вывод 1 диссертации.

Основная часть материалов, положенных в основу работы помещена **в пятую главу** «Лесная растительность Западного Забайкалья», представляющую авторскую классификацию лесной растительности региона с различной степенью детализации синтаксонов высшего порядка. Все разнообразие лесной растительности рассматривается автором в рамках четырех классов *Vaccinio-Piceetea*, *Rhytidio rugosi-Laricetea sibiricae*, *Quercu mongolicae-Betuletea davuricae* и *Brachypodio pinnati-Betuletea*. Кроме того, предполагается, что субнеморальные пихтарники западных склонов Хамар-Дабана могут относиться к классу *Milium effusi-Abietetea sibiricae*. В главе, на основе оригинальных материалов, приводится критический анализ высших синтаксонов растительности, в которой просматривается стремление автора использовать физиогномические критерии к выделению высших синтаксонов, что особенно проявляется при рас-

смотрении автором сообществ кедрового стланика. Стремление помещать кедрово-стланичники в единый синтаксон высшего ранга в рамках эколого-флористической классификации, по-видимому, бесперспективно, поскольку в их целом ареале они характеризуются хорошо выраженными комплексами диагностических видов минимум двух классов: Vaccinio-Piceetea и Loiseleurio-Vaccinieta. При диагнозе синтаксономических единиц (прежде всего высших) автор использует только концепцию «диагностических видов», хотя эти виды явно неравноценны при определении синтаксонов. Было бы желательно разделить эти группы на «характерные» и «дифференцирующие» виды, тем более это было бы полезно для единиц флористически богатой растительности. По материалам главы сформулированы выводы 2 и 3 диссертации.

В шестой главе автор подробнейшим образом разбирает фундаментальные основы динамики растительного покрова при изменении климата, делая ряд важных методологических обобщений и заключений теоретического характера. Главные положения этой части работы: 1) растительный покров реагирует на изменение климата; 2) изменения растительного покрова могут быть видимыми и "скрытыми"; 3) изменение видового состава принимается за главное проявление реакции растительности на климатические изменения (поэтому большое внимание в главе уделяется анализу изменений видового состава в разных синтаксонах высшего ранга; 4) климатические изменения индицируются автором через параметры динамики вечной мерзлоты, локальные почвенные условия, радиальный прирост деревьев; 5) уязвимость деревьев к неблагоприятным условиям оценена через предположение о возможной реакции вида на отдельные неблагоприятные факторы, исходя из его текущего распространения. Весьма значимым для раскрытия сути климатогенных изменений растительного покрова представляется материал о хронологии площадей поперечных сечений древостоя (названный в работе хронологией радиального прироста), которые демонстрируют устойчивые корреляции с рядом климатических параметров и имеют в случае лиственницы и сосны за последние 20 лет негативный тренд. На основании синтеза материалов сделаны выводы о замещении травяных лиственничников сосновыми лесами и о снижении общего типологического разнообразия растительности лесостепи. По результатам главы сформулированы выводы 4-11 диссертации.

Седьмая глава посвящена вопросам охраны и рационального использования растительного покрова Западного Забайкалья. В ней приведены результаты конкретных исследований антропогенных воздействий на растительный покров при разработках полезных ископаемых и строительстве индустриальных объектов. Анализируется реакция растительного покрова на различные виды нарушений. Делается вывод о возрастании роли экспертного сообщества при промышленном освоении новых территорий. По результатам главы сформулирован вывод 8 диссертации.

Дискуссионные моменты

Обилие теоретических обобщений и уровень обоснованности большинства сделанных выводов предоставляют богатую пищу для размышлений. В данном разделе отзыва я предлагаю обсудить некоторые моменты, сформулированные на основе критического анализа некоторых положений диссертации. Автор не боится дискуссионности рассматриваемых проблем и представляет меню из многих блюд. Для того, чтобы облегчить оппонентам выбор с какого блюда начать, диссертант сформулировал 4-й вывод: "В составе и структуре современного растительного покрова Западного Забайкалья, как и вообще в экосистемах региона, проявляются динамические процессы, обусловленные текущим изменением климата. При этом большая часть этих процессов в растительном покрове "скрыта" от прямого наблюдения".

О пространственных и временных масштабах климатогенных изменений

Подразделение климатогенных изменений растительного покрова (пусть и условное, как оговаривается автор) на две основные категории: видимые и скрытые (последнее

автор приводит в кавычках), на мой взгляд является парадоксальным с точки зрения научной методологии. Любой параметр растительного покрова на разных уровнях его организации: от органа растительного индивидуума до территориальных единиц регионального уровня, определяется пространственным и временным масштабом. Функционирование устьичного аппарата реализуется в пространстве, измеряемом в микрометрах, и во времени, измеряемом часами. Процесс ни в коей мере не является скрытым, поскольку он может быть измерен, и инструментарий для этого сейчас неплохо разработан. Формирование годичного кольца происходит за год, но при этом мы еще различаем раннюю и позднюю древесины, для той и для другой можем установить соотношение изотопов ^{16}O и ^{18}O сразу после формирования кольца, а также анализировать это соотношение в каждом кольце за весь период жизни дерева. Методический аппарат хорошо проработан, в том числе и в части, касающейся климатической интерпретации изменений данного показателя. Таким образом, и здесь процесс не является скрытым, а требует лишь достаточной технической оснащенности для проведения измерений. Реакция растительности на изменения погодных и климатических условий наступает немедленно, но проявляется на разных уровнях организации и не всегда в виде перехода растений в состояние длительного глубокого покоя или отмирания (то что мы называем изменением видового состава). Наиболее детально и наглядно вопрос масштабности климатогенных изменений растительности, на мой взгляд, проработан в известной монографии R. Crawford "Plants at the margin" (2008). Таким образом, несмотря на существующий прецедент с отнесением определенных таксономических групп организмов к категории тайнобрачных, считаю допустимое автором упрощение понимания разномасштабных пространственных и временных изменений растительного покрова и помещение инструментально достоверно измеряемых параметров в категорию "скрытых" (на этот раз кавычки мои) методологическим тупиком, не способствующим развитию представлений о климатогенной динамике растительного покрова.

О вероятных и вероятностных оценках направлений климатогенных изменений растительного покрова

Вероятность как числовая характеристика события, как мера вероятности наступления события давно и успешно используется в исследованиях климатогенных изменений растительного покрова. Ее определение реализовано во множестве алгоритмов моделирования распространения точечных объектов в гиперпространстве факторов среды, в применении к растительности – эдафическим, гидрологическим, топографическим, климатическим и каким угодно еще, и позволяет с известной точностью прогнозировать наступление события (изменения растительности) при сложившейся комбинации и выраженности факторов. В работе оценки вероятных направлений климатогенных смен растительности проведены на основе неформализованных, неточных параметров, описывающих состояние растительности, экологической среды и климата, и поэтому представляются в значительной степени умозрительными. Выводы 5–8 работы основаны на глазомерных и интуитивных оценках состояния растительного покрова и отражают только самые общие тенденции развития растительного покрова при гипотетическом "потеплении", в то время как сам процесс потепления может выражаться широким спектром контрастных биоклиматических ситуаций, а соответственно – и разнонаправленными изменениями растительного покрова.

Об отношениях между климатом и растительностью, или понимает ли растение, что такое годовое количество осадков и среднегодовая температура?

Одна из главных проблем работы в части анализа реакции растительного сообщества на климатическую ситуацию – слишком общие параметры, которые автор использует для характеристики климата: температура, осадки и увлажнение, инсоляция, ветровой режим. Их проявление в разных временных масштабах и влияние на процессы,

протекающие в разных пространственных измерениях, может быть зарегистрировано только в определенном отрезке времени. При выпадении 2 метров осадков в вегетационный период на западе Северной Америки, двухнедельная засуха запускает эволюционные механизмы отбора растений, адаптированным к жизни в течение этих двух недель; при установлении суточных температур значительно выше вегетационных на Камчатке мощный снеговой покров не позволяет растениям "открыть" вегетационный сезон. Таких примеров можно привести множество. Именно поэтому при исследованиях влияния климата на растительность используются специально разработанные для этого системы биоклиматических индексов (см. Holdridge, Thornthwaite, Kira, Rivas-Martinez и др.) – физиологически значимых параметров климата, показывающих сильную связь с определенным физиологическим процессом, жизненно важным для растения. Без корректной формализации климатических параметров говорить о прогнозах, хотя бы частично приближенных к реальности не приходится.

Дискуссия по данной проблематике ни в коей мере не умаляет больших достоинств работы, является проявлением большого интереса к исследованиям диссертанта и, я надеюсь, послужит стимулом дальнейших творческих поисков.

Заключение. Диссертация Олега Арнольдовича Аненхонова является законченным научным трудом, выполненном самостоятельно на современном научном уровне. Полученные результаты достоверны и опубликованы в центральной научной печати, их следует квалифицировать как новое решение важной эколого-биологической проблемы – разнообразие и закономерности климатогенной динамики лесной растительности Западного Забайкалья. Защищаемая работа является существенным вкладом в классификацию растительности, синтаксономию, экологию растительных сообществ. Диссертация представляет исчерпывающее монографическое исследование лесной растительности крупного географического региона – Западного Забайкалья. Четкое позиционирование работы в тематике современных исследований, обширный фактический материал, используемый при классификации лесной растительности позволяют рекомендовать использование ее главных положений в преподавании дисциплин, связанных с разнообразием и динамикой растительного покрова в ВУЗах. Работа в существующем виде может применяться в исследованиях разнообразия и динамики растительного покрова. Выводы обоснованы и подтверждены достаточным объемом эмпирических данных. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9–11 постановления правительства РФ «О порядке присуждения ученых степеней» №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Олег Арнольдович Аненхонов заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальностям 03.02.01 – ботаника и 03.02.08 – экология (биологические науки).

29/04/2016

Крестов Павел Витальевич,
 доктор биологических наук (специальность 03.02.01 - Ботаника),
 директор Федерального государственного
 бюджетного учреждения науки Ботанический
 сад-институт Дальневосточного отделения
 Российской академии наук, ул. Маковского 142,
 г. Владивосток 690024, Россия; krestov@botsad.ru;
 тел. +7 423 2388041