

ОТЗЫВ
официального оппонента Ямских Галины Юрьевны
на диссертацию Рудой Наталии Алексеевны
«Изменения климата, растительности и фиторазнообразия Алтайской горной страны
в конце Мис2 и голоцене», представленной на соискание ученой степени доктора географических наук
в виде научного доклада
по специальности 1.6.14 – геоморфология и палеогеография

Диссертационная работа Рудой Н.А. посвящена территории Алтайской горной страны, одного из уникальных, слабо изученных районов нашей планеты, который располагается во внутриконтинентальной части Евразии и характеризуется современным оледенением, разнообразием рельефа, климата, развитием многолетней мерзлоты, уникальностью и мозаичностью растительного покрова, сложностью флористического состава, ярко выраженной горизонтальной и вертикальной зональностью.

Актуальность. В первую четверть 21 века появились серьезные палеогеографические работы, посвященные реконструкциям природной среды отдельных регионов Сибири. Они охватывают наиболее важный временной геологический отрезок времени – связанный с последним оледенением, стадиями его дегляциации и голоценом. Например, результаты научного исследования Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области (по данным спорово-пыльцевого анализа болотных и озерных отложений), полученные Бляхарчук Т.А. (2010) являются существенным вкладом в региональную палеоботанику и позволяют отнести ее к региональным фундаментальным работам современной палинологии. В работах по Алтайской горной стране, Приенисейской Сибири, Прибайкалью и Забайкалью в качестве главных объектов исследования выступали горные и равнинные озера, торфяники, которые изучались комплексно с помощью спорово-пыльцевого и ботанического анализов, карпологии, ископаемой древесины, малакофауны, анализа диатомовых водорослей и хирономид, магнитной восприимчивости, минералогии, элементного состава, определениями абсолютного возраста. В отличие от аллювиальных, склоновых, ледниковых и других отложений, торфяные залежи и озерные отложения представляют собою в наибольшей степени результат непрерывного осадконакопления, что чрезвычайно важно для изучения их современными методами обработки, интерпретации и корреляции при отсутствии существенных временных перерывов реконструировать послеледниковую динамику растительного покрова. Поскольку этот временной интервал является ключевым для понимания современных и прогнозирования природных процессов на ближайшее будущее, то с этой точки зрения диссертационная работа Рудой Наталии Алексеевны, «Изменения климата, растительности и фиторазнообразия Алтайской горной страны в конце МИС2 и голоцене», представленная в виде научного доклада актуальна.

Цель и задачи исследования. Целью исследования Рудой Н.А. являлась количественная оценка изменений климата и связь колебаний климата с рассчитанными количественно изменениями в составе растительности и фиторазнообразия для позднеледниковья и голоцена Алтайской горной страны.

Для реализации поставленной цели автором были сформулированы пять задач, из которых первые две уже частично реализовывались на данной территории. 3, 4 и 5 позволяют на новом уровне получить данные об изменении климата и фиторазнообразия территории и рассмотреть их в рамках глобальных палеоклиматических процессов этого времени на территории Евразии.

Фактический материал. Автором лично просмотрено 765 палинологических образцов, отобраны донные отложения восьми озер на территории Алтайской горной страны. Рудая Н.А. непосредственно участвовала в лабораторной подготовке кернов и образцов для палинологического и изотопного анализов, в XRF сканировании трех кернов донных отложений.

Все расчеты количественных показателей климата, биомизация и расчеты индексов биоразнообразия проводились автором лично или при участии проф. К. Цао. Интерпретация количественных результатов комплексного исследования кернов донных отложений озер полностью проведена автором.

Непосредственно по результатам данного исследования опубликовано 46 статей, из них 26 в журналах, цитируемых WoS и Scopus; в журналах, имеющих первый квартиль Q1 – 17. Большинство статей написано в соавторстве с российскими и зарубежными учеными.

Кроме этого, в рамках данной тематики под руководством автора осуществлялись два проекта РФФИ и один проект РНФ (стр. 6 диссертации без указаний названий и регистрационных номеров проектов).

Научная новизна исследований определяется тем, что впервые для территории Алтайской горной страны рассчитаны количественные показатели климата и индексы фиторазнообразия для конца МИС2 и голоцена.

Положения, выносимые на защиту. Автор выносит на защиту четыре основных положения: 1. Ранний голоцен во всех частях АГС был относительно аридным. Значительное увеличение осадков происходит только около 8 т.л.н. Это предполагает, что в раннем голоцене вся территория АГС находилась вне зоны действия азиатского муссона; климат формировался под воздействием событий в Северной Атлантике.

2. Малый ледниковый период (МЛП) в АГС состоял из двух фаз: относительно аридной между 1400-1500 годами и гумидной между 1500-1700 годами. Это сближает АГС с аридной Центральной Азией в отличие от муссонной юго-восточной Азии.

3. Максимальные перестройки таксономического состава растительных сообществ в АГС происходили только на рубеже голоцена и плейстоцена. Никаких резких изменений растительности и фиторазнообразия в другие периоды голоцена не происходило.

4. Увеличение площадей леса и гумидности в аридных и полуаридных районах Алтая и сопредельных территорий приводило к увеличению растительного биоразнообразия большого количества различных в экологическом отношении местообитаний. В гумидных таежных районах Алтая прошлое фиторазнообразие увеличилось, наоборот, при усилении аридности, сокращении площадей леса и развитии степных и пустынных сообществ.

Вероятно, выносимые автором на защиту положения можно считать в качестве концепции представлений об изменении климата, растительности и фиторазнообразия Алтайской горной страны, при этом решается 5 задач, видимо какая-то из задач не имеет научной формулировки проблемы.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что результаты исследования выявляют основные закономерности изменения климата и фиторазнообразия АГС за последние тысячелетия. Исследования выполнены с высоким временным разрешением, что позволяет использовать эти данные для моделирования прошлого климата и прогнозов его изменения для территории Евразии. Все количественные данные загружены в базу данных PANGAEA, доступны для мирового научного сообщества и уже используются в научных работах по прогнозированию и моделированию климата. Результаты исследования альфа- и бета-фиторазнообразия могут быть использованы для оценки изменения состава растительности в разные периоды голоцена Евразии, в том числе и для выяснения степени влияния человека на растительный покров и для прогнозирования изменения биоразнообразия в будущем. Результаты исследования могут служить базой для построения современных схем рационального природопользования АГС с учетом описанной в работе специфики изменения растительного разнообразия в аридных и гумидных районах Алтая.

Диссертационная работа Рудой Н.А., оформленная в виде научного доклада, объемом 98 страниц включает введение, семь глав, заключение, список использованной литературы и список научных публикаций, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Введение содержит информацию об актуальности темы, источниках информации для изучения палеорастительности, целях и задач исследования, научной новизне, теоретической и практической значимости, основных защищаемых положениях, публикациях и апробации результатов исследований, личном участии автора в выполнении исследований.

В Главе 1 «История палеолимнологических исследований Алтайской горной страны» показана роль палеолимнологических исследований для палеобиогеографических реконструкций. Отмечается тот факт, что развитие технологий бурения озер, появление новых прокси данных, и развитие статистических подходов к созданию моделей климата и природной среды прошлого создают условия для перспективности этого направления исследований на ближайшее будущее. Отмечается вклад авторов в палеолимнологию современных озер Русского Алтая, выполненных Т.А. Бляхарчук с коллегами. Уделено внимание самому большому озеру Горного Алтая – Телецкому, работам, проведенным в Монгольском Алтае по изучению озер и китайской части Алтайской горной страны.

Глава 2 «Современные физико-географические условия Алтайской горной страны». Глава является очень важной, поскольку несет информацию о современных физико-географических особенностях территории исследования и полностью соответствует принципу актуализма, лежащему в основе всех палеогеографических реконструкций. В очень краткой форме дано покомпонентное современное физико-географическое описание исследованной территории, представлены схемы типов высотной поясности и распределение среднегодовых осадков на территории Алтайской горной страны. Охарактеризованы климатические показатели крупных межгорных котловин, подчеркивается, что во всех котловинах сохраняется многолетняя мерзлота. Отмечено, что разнообразие природных условий обуславливает и мозаичность растительного покрова (стр. 11 диссертации).

Автор указывает, что Алтайская горная страна очень разнородна и в климатическом и ландшафтном отношении, в связи с чем было проведено условное биоклиматическое районирование на основании среднегодового количества осадков. В главе отсутствует информация об авторе и принципах проведения границ биоклиматических районов, расчета среднегодового количества осадков. Кроме этого, рисунок 1 очень мелкий и карты плохо читаются.

В Главе 3 «Материалы и методы исследования» имеется 2 раздела. В разделе 3.1. в краткой форме представлены сведения об изученных 10 озерах и исследованных 12 кернах донных отложений из разных частей Алтая (рисунок 1, В, Г) и сопредельных территорий. Все озера располагаются на следующих высотных уровнях: 96 м, 98 м, 434 м, 1185 м, 1842 м, 1925 м, 1425 м, 932 м, 1365 м, 2083 м. Даны их координаты и глубины, седиментологические и геохимические характеристики вод. **В разделе 3.2.** подробно описаны новые методы изучения кернов и методики статистической обработки материала (представлены ссылки на литературные источники списка использованной литературы), выполненные в зарубежных лабораториях Германии и Тайваня, лаборатории PaleoData и ЦКП «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН г. Новосибирска, что подтверждает репрезентативность полученных результатов. Датирование кернов с применением радиоуглеродного анализа (всего 118 датировок) выполнено в разных лабораториях. Применены самые современные методики обработки данных палинологического анализа. Результаты отражены на спорово-пыльцевых диаграммах, построенных с применением новых версий программ Tilia-TiliaGraph и CONISS. Подчеркнуто, что метод биомизации применялся для количественной реконструкции растительности по палинологическим данным.

Изменение фиторазнообразия в палеозаписях оценено в отношении трендов альфа- и бета-разнообразия. Все анализы выполнены в статистической программе R и CANOCO 5.

Для расчета климатических параметров использовалась база данных современных поверхностных палинологических спектров для Центральной Азии и юга Западной Сибири (еще не опубликована). В этой работе использовались 800- 1000 точек с поверхностными палинологическими спектрами, расположенные в радиусе 1000-1200 км от объектов изучения. Для каждой точки приведены основные климатические показатели, усредненные за 30 лет.

Современные данные использовались для создания калибровочной базы данных, при помощи которой рассчитывались три основных климатических показателя: среднегодовое количество осадков (mean annual precipitation, PANN), средние температуры самого теплого месяца (T_{july}) средние температуры самого холодного месяца (T_{jan}). Наиболее статистически значимым показателем оказался PANN, однако в Таблице 2 (стр.31-33) приводятся и рассчитанные значения T_{july} для обозначения общих трендов изменения температуры. Реконструкция выполнена при помощи функции WAPLS (Weighted averaging partial least squares) в пакете *rioja* 0.7-3 в R и программе CANOCO 5. Для керна BN2016 из озера Баян-Нур T_{july} температуры рассчитаны по данным анализа остатков хирономид Л.Б. Назаровой.

В Главе 4 «Результаты исследования» (в разделах 4.1. Хронология и возрастные модели; 4.2. Результаты седиментологического анализа и определения общего органического углерода и изотопных соотношений углерода и азота; 4.3. Результаты элементного анализа; 4.4. Результаты палинологического анализа, биомизации и растительного разнообразия и 4.5. Результаты количественной реконструкции климатических показателей.) Представлены результаты обработки фактического материала озерных кернов.

Для калибровки радиоуглеродных возрастов применялась встроенная в *Vacon* 2.2 калибровочная кривая *Intcalib2013* [53].

Седиментологический анализ проведен для озер Кучук, Малое Яровое и Телецкое. Анализ содержания общего углерода, а также стабильных изотопов углерода проведен для озер Кучук, Телецкое, Балыктукель, Игистукель, Баян-Нур и Хотон-Нур. Анализ на общее содержание азота выполнен для озер Кучук, Балыктукель и Игистукель. Все результаты используются как дополнительные данные при реконструкции климата.

Для проведения элементного анализа XRF сканирование проводилось только для озер Улаганского плато – Балыктукель и Игистукель. XRF сканирование керна *BK2018* проводилось с интервалом 0,5 см и временным разрешением около 10 лет. XRF сканирование керна *IK2018* проводилось с интервалом 1 см и временным разрешением около 30- 40 лет. Всего было определено 24 элемента. Каждый из элементов несет ту или иную идентификационную информацию о поступлении терригенного и эолового материала. Присутствие кальция и стронция обычно ассоциируется с наличием аутигенных карбонатов или биогенного кальция в аридных районах. Соотношение элементов титана и кальция может быть индикатором колебания уровня озера; низкие значения могут ассоциироваться с засухами. Кремний и отношение Si/Ti являются показателем содержания биогенного кремнезема в озере. Биогенный кремнезем, как правило, связан с продукцией диатомовых водорослей, однако его источником могут быть также губки и золотистые водоросли. Ряд элементов связывают с биопродуктивностью озера: бром, фосфор, сера. Вг является индикатором относительных изменений в содержании органики в озерах, так как он образует сильные ковалентные связи с органическими молекулами. Железо и марганец являются источником информации об окислительно-восстановительных условиях в озере. Отношение Fe/Mn имеет самые низкие значения на 6,3, 0,85 т.л.н. и в современных образцах. В целом, повышения значений кривой отмечены от 5 до 1 т.л.н. с максимумами на 3,9 и 2,8 т.л.н. (рис. 8 стр. 27 дис.).

Некоторые элементы могут быть индикаторами антропогенной активности в водосборе озера, например, свинец, медь и цинк. Пики содержания свинца для времени - 6, 7, 0,36 т.л.н. и в последние 50 лет. Цинк дает лишь одиночный выраженный пик – около 6,7 т.л.н.

Для всех колонок донных отложений исследованных озер построены палинологические диаграммы и проведено зонирование. Результаты палинологического анализа некоторых колонок донных отложений озер отражены на рисунках 9, 10, 11, 12 (стр. дис.29, 30, 34, 35). На основании полученных палинологических данных проведена биомизация палинологических спектров. Результаты биомизации палинологических данных для всех озер приведены в таблице 2; для керна BN2016 также на рисунке 6В, для керна *Tel2006* из озера Телецкое - на рисунке 11Б, а для кернов из озер Малое Яровое (*MYr*) и Кучук (*KU*) - на рисунке 13.

Числа Хилла и выровненность $E (N_2/N_0)$, рассчитанные по палинологическим данным, для озер Малое Яровое, Балыктукель, Телецкое и Канас показаны на рисунке 14. Все остальные рассчитанные показатели приведены в таблице 2. В таблице 2 представлены значения индикаторных биомов (в баллах): таежный TA, степной ST, пустынный DE, тундровый TU; значение индексов растительного разнообразия (N_0, N_1, N_2); среднегодовое количество осадков (PANN) и средние июльские температуры (T_{july}) для различных палинозон (PZ) колонок донных отложений озер. Показатель 4 *SD* отражает полную смену видового состава, а значения близкие к 0 *SD* показывают отсутствие или совсем малые изменения в видовом составе; значения 1–1,4 *SD* отражают половинную смену видового состава в сообществах. Максимальная разница в среднезвешенных оценках (*WA*) является мерой смены видового состава в образцах палеозаписи относительно времени. Изменения общего бета- разнообразия показаны на рисунках 17Г и 18.

Результаты DCCA подтверждают наибольшую смену видового состава в записи *MYr* из озера Малое Яровое. Значения выше 1 *SD* отмечены между 12,9 и 10,2 т.л.н., исключая только короткий интервал 11,9–11,8 т.л.н. Наивысшие значения бета-разнообразия для записи *KU* из озера Кучук рассчитаны для интервала 11,6–11,3 т.л.н. (0,7 *SD*). В голоцене изменения в видовом составе были сравнительно небольшие; при этом понижения значений совпадали с максимумом реконструируемых среднегодовых осадков. Самые низкие значения отмечены между 3 и 2 т.л.н.

Для керна *Tel2006* из озера Телецкое общее изменение таксономического состава нигде не достигает значения 1 *SD*, однако около 3,8 т.л.н. показывает максимальное значение 0,9 *SD*, близкое к показателю половинной смены видового состава.

Таксономическое разнообразие для озера Балыктукёль относительно градиента времени имеет достаточно высокие показатели от начала палинозаписи до примерно 3,2 т.л.н. с максимумами на 6,2 т.л.н. (0,7 SD) и 3,3 т.л.н. (0,6 SD). Далее показатели снижаются до минимальных и только в последние 0,8 т.л. стабильно повышаются. Кривая бета-разнообразия для керна из озера Канас имеет максимальные значения в интервале 13,3 и 11,6 т.л.н. (~0,7 SD), начиная затем снижаться до нашего времени.

Общая кривая бета-разнообразия, построенная на основании всех палинозаписей, выявляет наибольшие значения на границе плейстоцена и голоцена. Далее значения кривой понижаются до минимальных к настоящему времени (рис. 17Г).

Для всех озер рассчитаны такие климатические показатели как среднегодовые количества осадков (PANN) и средние температур июля (T_{July}). Данные для всех озер приведены в таблице 2. Рисунки 15 и 16 отображают среднегодовое количество осадков, рассчитанное по палинологическим данным озер Малое Яровое, Кучук, Канас, Хотон-Нур, Балыктукёль, Игистукёль и Телецкое. Также приведены в таблице корреляционные коэффициенты (r^2) для индикаторных биомов (в баллах): таежный ТА, степной ST, пустынный DE, тундровый TU; среднегодового количества осадков (PANN); средних июльских температур (T_{July}) и значения индексов растительного разнообразия (N_0 , N_1 , N_2) для колонок донных отложений озер.

Глава 5 «Реконструкция климата и растительности конца максимума последнего оледенения и в голоцене Алтайской горной страны посвящена результатом анализа обработки полученного фактического материала с помощью методов комплексного изучения озер и анализа данных литературных источников, что позволяет получить полное представление о реконструированном климате и растительности исследуемой территории. В разделе **5.1. Конец максимума последнего оледенения и стадия дегляциации (22,6–11,7 т.л.н.)**, основываясь на анализе результатов седиментологического, палинологического и радиоуглеродного анализов автор приходит к выводу о том, что на сопредельной территории Кулундинской впадины растительность была представлена опустыненными сообществами с доминированием маревых и между 28 и 15 т.л.н. огромные водные резервуары на юго-востоке Российского Алтая, подпруженные льдом, прорывались массой воды и достигали Кулундинской депрессии, формируя протяженные эрозийные ложбины, что отражает перерыв в палеозаписи оз. Малое Яровое. На основании радиоуглеродного датирования, геохимических данных определено предположительное время образования озер Кучук и Малое Яровое в середине потепления беллинг-аллеред (около 13,8 т.л.н.). Автором рассчитаны среднегодовое количество осадков (от 333 до 336 мм/год) в районе оз. Кучук и соответственно 235–270 мм (оз. Малое Яровое); подчеркивается, что в позднем дриасе отложений оз. Малое Яровое отсутствуют тундровые элементы в спектрах. В конце позднего плейстоцена на территории Монгольского Алтая по данным палинозаписи по озеру Канас самое малое количество осадков по сравнению со всем голоценом отмечено в интервале 13,4–13 т.л.н. и несколько позже до 12,9–11,7 т.л.н. были безлесные ландшафты. Само озеро образовалось в результате подпруживания долины конечной мореной последнего оледенения. Доголоценовый период в этой части Монгольского Алтая характеризуется значительно более низким по сравнению с голоценом количеством осадков (280–286 мм/год) с самыми минимальными значениями в конце позднего дриаса - 12,1–12 т.л.н. (рис. 15Б стр.41 дис.). В интервале 13,4–13 т.л.н. в окрестностях озера доминировали злаковые, полынные и опустыненные степи с редкими перелесками. Палинологический анализ выявляет кроме степных травянистых таксонов также присутствие кустарниковых *Rosaceae*, *Juniperus* и *Picea*. Для позднего дриаса (12,9–11,7 т.л.н.), характерны более безлесные ландшафты, чем в предыдущей стадии.

В Убсунурской котловине по результатам изучения кернов озер Улаганского плато до 16 т.л.н. при таянии ледникового и снежного покрова территории занимались лишайниковыми тундрами. Качественный анализ палинологических данных показал существование холодного и сухого климата с относительно теплым летом, вероятно, что в это время и образовались многочисленные озера Улаганского плато. Примерно 16–15 т.л.н. освобожденные от снега и льда площади Улаганского плато начали покрываться редкой пионерной растительностью; увеличился процент мезофитных таксонов. Растительность стала сходной с современными высокогорными алтайскими тундрами. Также увеличился процент заносной древесной пыльцы в палиноспектрах, указывающих на распространение лесов в соседних регионах. Лесная растительность, представленная сосной сибирской, елью сибирской и древесной березой, была распространена в этот период в окрестностях озера Телецкое в северной части Российского Алтая, а также на северо-западе Российского Алтая. В палиноспектрах из озер Улаганского плато это отразилось в некотором количестве дальнезаносной пыльцы *Pinus*, *Picea* и *Betula*.

Интересные палеоданные были получены по северной части Русского Алтая по данным изучения озера Ая в интервале 13,5–13 т.л.н. (интерстадиал беллинг-аллеред) развивалась умеренно теплая флора и микрофлора. Реконструкция среднегодовых осадков и растительного покрова в Убсунурской котловине по палинологическим данным из озера Баян-Нур выявляет относительно влажный бёллинг-аллеред с господством степных ассоциаций и более аридный поздний дриас, когда в палиноспектрах начинают доминировать полыни. Основываясь на палеозаписи из озера Ташколь, 15–12 т.л.н. на Улаганском плато реконструируются различные типы тундр. В этот же период в окрестностях озер Ак-Холь и Груша (хр. Чихачева) также распространяется степная растительность. В палиноспектрах доминирует пыльца злаков, полыней, осоковых и маревых. Перигляциальные степи с доминированием злаков и осок были характерны для Курайской котловины в интервале 13–11,7 т.л.н. (по палинозаписи озера Джангысколь). Основываясь на этих палинологических данных, ясно выделить какие-либо хронологические подразделения (бёллинг, аллеред или поздний дриас) в палеозаписях озер Улаганского плато и юго-западной Тувы не удалось. Однако состав хирономид из палеозаписи озера Груша позволил выявить некоторое потепление, ассоциированное с бёллинг-аллередом в 14,6–13,1 т.л.н. и похолодание позднего дриаса между 13,1–12,1 т.л.н. Погребенные в ископаемой почве из долины

реки Богуты (хребет Чихачева), датируемой 13,8 т.л.н., фрагменты древесной и кустарниковой растительности указывают на существование лесной растительности в бёллинг-аллерёде в этой части Алтайских гор.

Позднесартанское время, начиная с бёллинга, на северо-западе Алтая характеризуется распространением степной, лесостепной и лесной растительности. В этот период ни тундровые, ни тундрово-степные или тундрово-лесостепные перигляциальные формации в качестве зональных здесь не были представлены. Однако различные холодолюбивые виды (*Betula fruticosa*, *B. sect. Apterocaryon*, *Alnaster sect. Alnobetula* и др.) почти постоянно участвовали во флоре не только стадияльных, но и межстадияльных интервалов позднесартанского времени. Во второй половине бёллинга в регионе преобладали открытые степные участки из разнотравно-злаковых и ксерофитных марево-полынных сообществ сочетающихся с елово-кедровыми и сосновыми лесами с участием лиственницы и березы на болееувлажненных местообитаниях и сухими каменистыми степями на выходах скальных горных пород и каменных россыпях. Время, сопоставимое с аллерёдом характеризуется палиноспектрами межстадияльных степей, где доминировали злаково-разнотравные группировки; в небольших лесных массивах преобладали елово-кедровые и березово-сосновые формации. В поздний дриас на северо-западе Алтая формировались перигляциальные горно-лесные ландшафты. Леса были представлены в основном лиственницей, сосной сибирской и сосной обыкновенной с примесью ели и березы. Широкое развитие имели кустарниковые формации из можжевельника и ольховника, кустарниковых видов березы и ивы. Встречались и остепненные участки со злаково-разнотравными и марево-полынными ассоциациями, а также незадернованные субстраты и каменистые россыпи. Одна из заключительных фаз позднего дриаса, наиболее сухая и холодная, отражает климато-фитоценоотические условия, характерные для перигляциальной горной пустыни. В это время господствовали открытые ландшафты с преимущественно полынными и злаково-разнотравно-полынными сообществами с заметным участием эфедры, маревых и сложноцветных, что вместе с присутствующими в составе растительности криофитами (*Alnaster sect. Alnobetula*, *Betula sect. Apterocaryon*, *Claytonia*) характеризует палеоклиматические условия терминации позднего дриаса как холодные и сухие.

5.2. Ранний голоцен: гренландский век (11,7-8,2 т.л.н.). На основании анализа данных в степной части Алтая зафиксировано заметное увеличение осадков к 10 т.л.н. (360–390 мм/год). Палинологические спектры из озер Малое Яровое и Кучук показывают постепенное увеличение обилия пыльцы березы и сосны обыкновенной с 10,8 т.л.н. Отношение ТОС/ТН выше 20, из зерна озера Кучук, зафиксировано 10,2 т.л.н., что предполагает возросшее поступление в озеро органического вещества от наземных растений. После 10,9-10,6 т.л.н. распространение пустынных сообществ значительно сокращается и после 10,8 обе палинозаписи (*KU*, *MYr*) показывают значительное увеличение площадей сосновых лесов с *Pinus sylvestris* в регионе. Среднегодовые осадки вырастают до 360–390 мм/год к 9,8-9,7 т.л.н., при этом уровень озер возрастает после 10,6 и 9,6 т.л.н. в Малом Яровом и Кучуке, соответственно. Участие эфедры в растительном покрове сокращается после 8,4 т.л.н., а хвойные леса с примесью широколиственных пород, наоборот, расширяют площади произрастания. Климат становится более мягким и относительно влажным. В интервале 9,3 и 7,2-7 т.л.н. количество осадков несколько сокращается, что, вероятно, сопровождается похолоданием и выражается в сокращении растительного разнообразия и количества древесной пыльцы в палиноспектрах палеозаписей *KU* и *MYr*.

Палинологический анализ палеозаписи из озера Канас для раннего голоцена (11,7-8,5 т.л.н.) также фиксирует увеличение пыльцы древесных растений, особенно темнохвойных пород *Picea* и *Abies* и сокращение пыльцы *Artemisia*. При этом обилие пыльцы растений-индикаторов аридных условий - маревых и эфедры, остается на прежнем уровне, что свидетельствует о существовании разнообразных ландшафтов в раннем голоцене на севере Монгольского Алтая – при преимущественном распространении степных и пустынных ландшафтов при увеличении площади темнохвойных лесов. Количество среднегодовых осадков все еще невелико – около 290 мм/год (рис. 15Б; табл. 2). Примечательно, что аналогично с кривой осадков для озера Кучук, кривая осадков для озера Канас после раннеголоценового подъема обнаруживает спад между 10,2 и 8,6 т.л.н. (рис.15 дис.).

Похожую динамику развития климата и ландшафтов показывает и палеозапись из другого озера севера Монгольского Алтая – озера Хотон-Нур. С начала голоцена отмечается рост осадков (рис. 15Б; табл. 2 дис.). Для интервала 11,5-10,7 т.л.н. их количество всего 250 мм/год, для интервала 10,7-7,9 уже 270 мм/год. Снижение количества осадков в раннем голоцене в палеозаписи *Hoton-2* зафиксировано между 9,7 и 9,3 т.л.н. Начало голоцена характеризуется подавляющим господством пустынной и степной растительности, хотя и с участием древесных пород, в основном *Picea obovata*. Резкое изменение состава растительности, выразилось в значительном увеличении пыльцы хвойных, особенно *P. obovata*, но и *Pinus sibirica* и *Larix sibirica* в том числе и для времени после 10,7 т.л.н.. Одновременно резко сокращается количество пыльцы полыней и маревых, а обилие пыльцы карликовой березки (*Betula sect. Apterocaryon*) возрастает. Такая перестройка свидетельствует о том, что даже незначительное увеличение осадков в высокогорьях Монгольского Алтая приводит к значительному изменению растительного покрова. После 10,7 т.л.н. в окрестностях Хотон-Нура можно реконструировать развитие темнохвойной и лиственничной горной тайги, а на более высоких гипсометрических уровнях сформированы ерниковые тундры сменявшие степные и опустыненные ассоциации.

В Убсунурской котловине ранний голоцен также был аридным с доминированием опустыненных степей и реконструированное среднегодовое количество осадков составляло 130-140 мм/год. Грунерт с соавторами [96], однако, отмечают повышение уровней озер в Убсунурской котловине между 11,2-9,6 т.л.н. Косвенным указанием на усиление гумидности Монгольского Алтая является появление здесь торфяников. Так, палеозапись из торфяника *BBP* (Big Black Peatland), расположенного на китайской стороне Монгольского Алтая, указывает на его появление не ранее 9,5 т.л.н. Скорость накопления торфа оставалась высокой до 7,6 т.л.н., а затем начала сокращаться (до 6,3 т.л.н.) [98]. Палинологическое

изучение торфяника *KLSZ*, расположенного также на западном склоне Монгольского Алтая в высокогорном поясе, позволяет реконструировать распространение альпийской растительности в высокогорьях западного макросклона Монгольского Алтая до 8,2 т.л.н., которая затем обогатилась темнохвойными лесами. По мнению Blyakharchuk et al. [5], облесение Улаганского плато началось уже 12 т.л.н., однако стало наиболее выраженным после 11,5 т.л.н. К 9,5 т.л.н. Улаганское плато было уже полностью залесенным. *Pinus sibirica* произрастала на верхней границе леса, *Abies*, *Picea*, *Larix* и древесная *Betula* также были включены в состав древостоя. При этом самое начало голоцена в Курайской степи в юго-восточной части Российского Алтая было сухим и безлесным с доминированием пустынных и степных полынных сообществ с участием эфедр. Формирование лесного пояса по склонам гор реконструируется только после 9 т.л.н. В палиноспектрах этого времени заметно возросла доля пыльцы *Pinus sibirica*, *P. sylvestris*, *Picea obovata* и *Abies sibirica*. Доля пыльцы *A. sibirica* максимальна за весь голоцен.

В юго-западной Туве согласно палинозаписям из озер Ак-Холь и Груша начало голоцена также сопровождалось потеплением, что отразилось в сокращении доли злаков и увеличении доли разнотравья в палиноспектрах. На увлажнение климата косвенно указывает появление в большем обилии пыльцы карликовой берёзки и сосны сибирской. Состав хириноид из этих озёр также подтверждает резкую температурную инверсию и исчезновение холодоустойчивых видов между 12,1 и 10,8 т.л.н. и постепенное потепление между 10,8 и 8,5 т.л.н. [9]. В ископаемых почвах долины реки Богуты (хребет Чихачева) обнаружено большое количество угольков, принадлежащих *Larix sibirica* между 8,6-8,2 т.л.н., что указывает на развитие лиственничников на ныне безлесной территории.

Переход к голоцену в северо-западном Алтае связан с началом постепенной перестройки структуры вертикальных поясов растительности по современному типу. Палинологические данные демонстрируют расширение площади лесных формаций, в которых последовательно возрастала роль хвойных пород. В это время началось активное расселение нового эдификатора лесной растительности – лиственницы сибирской. В составе степной растительности исчезли элементы сухих степей, и увеличилась доля лугово-степных разнотравных элементов.

5.3. Средний голоцен: северогриппианский век (8,2 – 4,2 т.л.н.). В палинозаписи озера Малое Яровое с началом северогриппианского века совпадает начало подзоны РЗПС, которая характеризуется увеличением пыльцы *Pinus sylvestris* и появлением в палиноспектрах пыльцы *Abies* (рис. 9 дис.). Количество осадков возрастает до 350 мм/год (рис. 15Б; табл. 2). Максимум осадков для территории Кулундинской низменности и ее окрестностей по палеозаписям озер Малое Яровое и Кучук реконструируется между 7–2,6 т.л.н. (375-390 мм/год), однако тенденция к уменьшению среднегодового количества осадков отмечается уже с 4 т.л.н. (рис. 15Б дис.). Интервал 7,2-4 т.л.н. характеризуется относительно высоким обилием пыльцы сосны обыкновенной, а также максимальным присутствием пыльцы вяза. Хвойные леса с примесью широколиственных пород были распространены на наиболее увлажненных участках Обь-Иртышского междуречья и Предалтайской равнины. Обилие пыльцы сосны обыкновенной и вяза заметно сокращается после 3 т.л.н. Увеличение показателей биомы *STEPPE* и доли пыльцы маревых, *Artemisia* и *Ephedra* маркирует выраженное начало усиления аридности на этой территории с 4,8-4,5 т.л.н. (рис. 13 дис.).

Информацию о природных условиях центральной части Российского Алтая дают две палеозаписи из озер Улаганского плато, исследованных с очень высоким разрешением методом рентгенофлуоресцентного анализа. Так, элементная запись из озера Балыктукель выявила повышенные значения Ti/Sa с начала палеозаписи (7 т.л.н.) и до 5 т.л.н. (рис. 8), что косвенно показывает повышенный уровень озера в среднем голоцене. В это же время в озерах Балыктукель и Игистукель фиксируются относительно высокие содержания кремния и соотношения Si/Ti , что говорит о повышенной продукции биогенного кремнезема и, вероятно, большего развития диатомовой флоры. В палеозаписи *IK2018* отношение Si/Ti имеет максимальные значения от ее начала (7,2 т.л.н.) и до 5,5 т.л.н., затем резко снижается с абсолютным минимумом на 4 т.л.н. Реконструкция растительности для Улаганского плато, основанная на палинологических данных из колонок донных отложений озер, выявляет произрастание темнохвойных лесов с пихтой сибирской и елью обыкновенной в первой половине среднего голоцена. Начиная с 7,5 т.л.н. из палиноспектров начинает исчезать пыльца *Abies sibirica* и *Picea obovata* и, по мнению [5], они полностью выпадают из лесной растительности Улаганского плато к 4 т.л.н. Однако палинозапись из озера Балыктукель (*BK2018*) показывает, что и ель и пихта

произрастали хоть в небольшом количестве на плато, по крайней мере, до 2,2 т.л.н. Отмечается и постоянное присутствие лиственницы на Улаганском плато в течение последних 7 т.л. (рис. 10 дис.).

Похожая ситуация складывается в Курайской степи. Здесь максимальное развитие лесной растительности реконструируется около 6,5 т.л.н. При этом главные компоненты лесов были *Pinus sibirica* с примесью *Betula*. Темнохвойные породы *Picea obovata* и *Abies sibirica* к этому времени в составе древостоя сократились, а доля лиственницы возросла. Основываясь на палинологических данных, полученных из субэдрального обнажения в долине реки Чуя в Курайской степи, [102] реконструируют темнохвойные леса с *Picea obovata* до 5,3 т.л.н. и полное ее исчезновение около 3,4 т.л.н. Это указывает на начало аридизации климата во второй половине голоцена в АГС. Аридный период зафиксирован налив палинозаписи из озера Теньгинского (*Tg2019*) между 5,3-3,4 т.л.н.

Палиноспектры северогриппианского века озер юго-западной Тувы указывают на распространение, как степных сообществ, так и сосновых лесов с доминированием *Pinus sibirica*. Доля пыльцы *Picea* в палиноспектрах снижается, а после 3,5 т.л.н. совсем незначительна. Диатомовый и палинологический анализы колонок из озер Груша и Ак-Холь выявляют теплый и гумидный период между 8,2 и 6,6 т.л.н. Облесение хребта Чихачева реконструируется около 7,4 т.л.н. (по данным находок погребенной древесины). После 6 т.л.н. все биопрокси из записей озер Груша и Ак-Холь отражают похолодание климата.

Растительность среднего голоцена (8,5-4 т.л.н.) Монгольского Алтая по палинозаписи из озера Канас (*KNS11-B*) характеризуется максимальным развитием леса. В хвойных лесах доминировала ель сибирская, но в это же время значительно выросло обилие березы и незначительно, но заметно, лиственницы. Среднегодовое количество осадков в это время возрастает до 310 мм/год (табл. 2 дис.). Палинозапись из озера Хотон-Нур также характеризует растительность этой части Монгольского Алтая для интервала 8-5 т.л.н. как преимущественно лесную с доминированием темнохвойных лесов с елью сибирской. Максимальный процент *Picea* в палиноспектрах приходится на начало северогриппианского века, постепенно понижаясь к его концу. Это время характеризуется максимальным для палинозаписи *Hoton-2* количеством осадков – 280 мм/год (табл. 2 дис.). Более влажный климат среднего голоцена подтверждается и более легким отношением стабильных изотопов углерода, подсчитанных для пылевого концентрата образцов этой части керна *Hoton-2* (рис. 6) [72]. Скорость накопления торфа в торфянике *BBP* (китайская часть Монгольского Алтая) начала сокращаться с 7,6 т.л.н., а после 6,3 т.л.н. стала очень низкой и оставалась такой до 2,8 т.л.н., что может указывать на аридный или холодный период. Однако палинологические данные по торфянику *KLSZ* предполагают развитие горной темнохвойной тайги на западном макросклоне Монгольского Алтая в это время.

Климат Убсунурской котловины также характеризуется как влажный в северогриппианском веке; рассчитанное по палинологическим данным среднегодовое количество осадков – 150-170 мм/год. Палиноспектры характеризуются сокращением пустынных таксонов и увеличением обилия польни. Высокий уровень озер в Убсу-Нурской котловине реконструируется между 7,3-3,2 т.л.н.

Для Западной Монголии для первой половины среднего голоцена (8-6 т.л.н.), Клинге и Зауэр, основываясь на нескольких палинозаписях, реконструируют теплый и влажный климат. Начиная со второй половины среднего голоцена (6-4 т.л.н.), большинство палинозаписей предполагают похолодание климата; выявить однозначный тренд увлажнения авторам не удалось. Похожие тенденции выявлены и для Восточного Тянь-Шаня (по палинозаписям из озера Баликун, Синьцзян) – климат становится более теплым и гумидным после 7,9 т.л.н.. Анализ палинозаписей из 11 озер, относимых к аридной Центральной Азии, также выявляет наиболее гумидный период между 8 и 4 т.л.н.; при этом многие из этих озер начали наполняться только к 8 т.л.н. после высыхания в аридном раннем голоцене.

Показательным климатическим индикатором является палеозапись из ледяного керна Хух-Нуруу Уул из массива Цам-Багарав (Монгольский Алтай). Согласно радиоуглеродному датированию ледник появился только 6 т.л.н., что маркирует начало неогляциации Монгольского Алтая.

5.4. Поздний голоцен – мегхалайский век (4.2-0 т.л.н.). Автор обращает внимание на сложности реконструкций растительности, климата и фиторазнообразия для Алтайской горной страны в связи с связаны и с общей нестабильностью позднеголоценового климата, выраженной антропогенной нагрузкой на ландшафты и большим многообразием позднеголоценовых палеозаписей и методов их исследования.

По палеозаписям озер Кулундинской низменности после 4 т.л.н. было зафиксировано усиление аридности – уменьшилось количество осадков, снизилась доля пыльцы сосны обыкновенной и вяза. Однако значительными среднегодовые суммы осадков остаются до 2,6 т.л.н. (рис. 15А). Последнее пылевое зерно *Ulmus* регистрируется в палинозаписи *KU* около 600 лет назад (1350 г.). Увеличение количества осадков пришлось на конец позднего голоцена около 1,3 т.л.н. (650 г.); некоторое снижение зафиксировано и около 0,7 т.л.н. (1200 г.). В последние 1,2 т.л. среднегодовые суммы осадков составляли 360–370 мм/год. Позднейшие изменения в растительности степной части Алтая включают расширение площади березовых лесов (с 1,2-0,6 т.л.н.) и возрастающую роль пустынных компонентов. Увеличение площадей открытых ландшафтов, распространение березы и сокращение площади сосновых лесов может быть и следствием участвовавших пожаров. Однако прямой корреляции между пожарами и изменениями в составе растительности не было найдено, в то время как корреляция между уровнем среднегодовых осадков и уровнем растительного разнообразия положительная и сильная (табл. 3). Уровень реконструированных среднегодовых осадков возрастает в последние 100 лет, достигая 390 мм/год (рис. 15А дис.).

Растительность мегхалайского века северо-восточного Алтая, согласно палеоданным из озера Телецкое (керна *Tel2001-2004*, *Tel2006*), характеризуется распространением вечнозеленых хвойных лесов сходных с современными. По данным реконструкций среднеиюльская температура изменялась в пределах 3-4°C (табл. 2 дис.). Доминирующими древесными породами являлись *Pinus sibirica* и *Abies sibirica*. Поскольку эти породы произрастают в теплых и влажных условиях, то соответственно, такие климатические условия установились 4,25 т.л. и сохранились до современности (средние температуры июля – 17°C, среднегодовое количество осадков – 425 мм/год). Относительно холодный и сухой интервал реконструирован от начала палеозаписи и до 3,5 т.л.н.. В интервале 3,9-3,6 т.л.н. остепненные растительные сообщества с *Artemisia*, *Amaranthaceae* и *Cyperaceae* были широко распространены на водосборной территории озера Телецкое. Это время характеризуется относительно низкими средними температурами июля (16,3°C), минимальным за весь изученный период количеством осадков (390 мм/год; рис. 16) и распространением леса с лесопокрывом не более 29-35%. Холодный и сухой интервал около 4,2-3,8 т.л.н., похожий на реконструированный для кернов *Tel2006* и *Tg2019-1*, отмечен во многих палеозаписях Северного полушария]. Реконструкция среднегодовых осадков для озера Теньгинского (центральная часть Российского Алтая) также выявляет резкое уменьшения количество осадков 4,2-3,9 т.л.н. (табл. 2). После 3,5 т.л.н. площадь распространения хвойной горной тайги в районе озера Телецкое значительно расширилась с максимальным реконструированным процентом лесопокрывания (50%), показателями биомы *TAIGA* и среднегодовыми осадками (440 мм/год) между 2,3 и 0,7 т.л.н. (рис. 16; табл. 2). Средние температуры июля возрастают на 1°C между 3,5 и 1,1 т.л.н. Климат стал более влажным и теплым. Максимальные значения ТОС для палеозаписи *Tel2006* также приходится на этот период в интервалах 3,5-3,4 т.л.н. и 2,5-2,4 т.л.н. (рис. 4 дис.). Автор констатирует, что и рассчитанные голоценовые температуры для 36 палеозаписей из Северной Европы подтверждают

существование относительно теплого климатического интервала 3-1 т.л.н. Это же потепление отмечается для Улаганского плато при исследовании озерных отложений озера Сорлуколь и фиксируется на рубеже 3,7-3,6 т.л.н. Короткий холодный интервал в палеозаписи *Tel 2001-2004*, зафиксированный 1,4-1,3 т.л.н. (550-650 гг.), мог быть вызван возросшей вулканической активностью, например, извержением 536 г. Свидетельства этого извержения отражены в записях древесных колец и исторических документах по всему Северному полушарию. Ваннер с соавторами назвали интервал 300-600 гг. «пятым холодным эпизодом голоцена», который также известен как Dark Age Cold Period, маркирующий переход между поздней античностью и ранним средневековьем и характеризующийся глобальными миграциями населения в Европе. Шлютц и Лемкуль также отмечают холодный эпизод в 370-580 гг., основываясь на данных палинологического анализа из геологического разреза в долине реки Тархата и в Курайской степи.

Тенденция к похолоданию отмечена в палеозаписях из озера Телецкого, начиная с 0,85-0,8 т.л.н. (1100-1150 гг.). На начало этого периода, 1050-1250 гг., приходится один из минимумов содержания органического вещества (ТОС) (рис.4 дис.). Утяжеление значений $\delta^{13}\text{C}$ в последнюю тысячу лет может быть связано с общим усилением аридности в регионе, что косвенно подтверждает тренд на увеличение значений биома STEPPE в последние 800 лет при биомной реконструкции (рис. 11Б дис.). Уменьшение среднеиюльских температур на 2-3°C ниже современных, записанное в кернах озера Телецкого, проявляется между 1450 и 1800 гг. (табл. 2 дис.). Обе исследованные палинозаписи выявили некоторое увеличение значений биома TAIGA и снижение биома STEPPE в это время, а, следовательно, малый ледниковый период был в этой части Алтая холодным и гумидным (440 мм/год) (рис. 16 дис.).

Палинозаписи из озер Улаганского плато выявляют распространение горной тайги с *Pinus sibirica*, *P. sylvestris* и *Larix sibirica* в последние 4 т.л. (данные по BK2018). В палинозаписях, обилие пыльцы *Picea obovata* и *Abies sibirica* до 1 т.л.н., предполагая относительно мягкий климат. В последнюю тысячу лет обилие пыльцы *Pinus sylvestris*, *Picea obovata* и *Abies sibirica* сокращается, в то время как доля пыльцы *Pinus sibirica* и *Betula sect. Apterocaryon* возрастает; климат становится холоднее и суше. В палинозаписи BK2018 *Picea* начинает сокращаться 4,3 т.л.н., *Abies* - 2,2 тыс. лет и это сопровождается увеличением пыльцы злаков, что предполагает, что весь мегхалайский период был относительно холодным и сухим. Биомная реконструкция выявила увеличение веса биома TUNDRA около 4,2 т.л.н. и между 1550-1750 годами (МЛП). Начиная с 2 т.л.н. увеличивается обилие более аридных ихолодных элементов в растительном покрове Улаганского плато. Увеличивается доля пыльцы *Artemisia*, *Amaranthaceae* и *Betula*; появляется пыльца *Ericaceae*; постоянным становится присутствие *Polygonaceae* и *Plumbaginaceae*. Все это может являться свидетельством похолодания и аридизации климата в регионе в последние два тысячелетия (рис. 17 дис.).

По данным элементного анализа кернов озер Балыктукель и Игистукель показывают наступление более аридного и, по всей видимости, более холодного периода в конце среднего - начале позднего голоцена. Основываясь на палинологических данных из озер Ак-Холь и Груша, в мегхалайский век лесная растительность только сокращалась и заменялась на степную с доминированием полыней, злаков и осоковых [6]. Особенно этот процесс усилился в последние 2 т.л., что может быть связано с возросшей аридизацией и похолоданием. Однако образец палеопочвы из котловины озера Ак-Холь, датированный 2852±94 т.л.н., кроме фрагментов керамики скифской эпохи сохранил также и большое количество древесных углей, косвенно указывающих на облесенность территории в это время [118]. Палеоданные по керну *Hoton-2* из озера Хотон-Нур выявляют усиление аридности после 5 т.л.н. (рис.5,12 дис.). Количество пыльцы ели сокращается, доля травянистых таксонов увеличивается до 70 %. Максимальные значения в это время имеют показатели биома STEPPE и минимальные – биома TAIGA. Минимальные для всей палеозаписи суммы среднегодовых осадков также фиксируются, начиная с 5 т.л.н. (165 мм/год) (табл. 2 дис.). Однако, несмотря на общую тенденцию к аридизации после голоценового климатического оптимума, реконструированные среднегодовые осадки для керна *Hoton-2* оказались на 100 мм выше, чем современные, между 3-2 т.л.н. (максимум в 350 мм/год 2,25 т.л.н.) [51]. Палинозапись из озера Баликун (Синьцзян, Китай) выявила существование влажного периода 3,8-2,3 т.л.н., что выразилось в возросшем обилии пыльцы полыни в отношении A/C (*Artemisia* к *Amaranthaceae* (=Chenopodiaceae)). Влажному эпизоду, также как и в записях из озера Телецкого, предшествовал аридный период между 4,3-3,8 т.л.н. .

По результатам исследований Unkelbach et al. небольшие озера в районе массива Табын-Богдо-Ола (Монгольский Алтай). Интервал 4,31-1,04 т.л.н. характеризуется развитием лесной растительности с доминированием *Larix sibirica*, перемежающейся с участками высокогорной степи, развивающимися в условиях относительно теплого и влажного климата. С 2,35 до 1,04 т.л.н. площади леса максимальны. После 1,04 т.л.н. из состава леса выпадают сосна сибирская и ель сибирская, что, вероятно, связано с антропогенной активностью. В целом, период между 2,61 и 0,55 т.л.н. климат сменился на более аридный с меньшим количеством осадков, что отразилось и на составе растительности, которая стала более открытой, площади лиственныхников уменьшились. После 0,55-0,4 т.л.н. гумидность и температуры возросли; древесная растительность начала опять распространяться, а сообщества с доминированием осоковых сокращаться и заменяться разными вариантами злаковых и разнотравных степей.

Климат и растительность в самых северо-восточных отрогах Монгольского Алтая и прилегающей к нему Убсунурской котловины в позднем голоцене можно реконструировать по палеозаписям из озер Баян-Нур (последние 2,9 т.л.) [68] и Урег-Нур (последние 2 т.л.). Самый высокий уровень озера Баян-Нур реконструирован между 2,9 и 1,7 т.л.н. и в последние 700 лет; наиболее низкий уровень в интервале 1,7-0,7 т.л.н. При этом тенденции в изменениях средних температур июля и среднегодовых осадках хорошо коррелируют с флуктуациями уровня озера. Высокий уровень озера ассоциируется с возросшими среднегодовыми осадками и более холодными температурами; низкий уровень озера - с меньшим количеством осадков и более тёплыми температурами. Основываясь на

геоморфологических изменениях ландшафтов Убсунурской котловины Грунерт с соавторами [97] сделали заключение, что после аридной фазы в начале позднего голоцена, в интервале 3-2 т.л.н. уровень Баян-Нура повысился. Они также отмечают и современный подъем уровня озера. Между 2,9 и 2,7 т.л.н. при относительно прохладном климате в озеро поступало больше воды из выпадающих притоков и с поверхностным стоком, что привело к расширению литоральной зоны и развитию разнообразной литоральной фауны (по данным хирономидного анализа, [68]). После 2,7 т.л.н. структура литоральных и глубоководных сообществ хирономид не выявляет сокращения мелководной прибрежной зоны.

Усиление гумидности климата на западном макросклоне Монгольского Алтая во второй половине позднего голоцена подтверждает и рост торфяника *BBP* после 2,8 т.л.н. Палинологический анализ палеозаписи из торфяника *YSKL*, расположенного в китайской части Монгольского Алтая, выявил резкий рост обилия пыльцы *Syringaceae* после 2,5 т.л.н. по отношению к пыльце *Artemisia*, которая доминировала до этого [121]. Исследование *n*-алканов из торфяника *Tielishahan (TLSH)* выявило холодный и гумидный климат между 2,5-1 т.л.н.; после 1 т.л.н. климат становится теплым и сухим. Между 1,4 и 0,6 т.л.н. в озере Баян-Нур распространилась широкая литоральная зона с песчаным и грязевым дном. Этот же период характеризуется повышенной продуктивностью озера и повышенными средними температурами июля. Самые тяжелые значения $\delta^{13}\text{C}$ в интервале 1,5-1 т.л.н. отражают существование мелкого озера с широкой литоралью, покрытой макрофитами. После 0,7 т.л.н. в палеозаписи *BN2016* значения биота *TAIGA* и суммы среднегодовых осадков значительно увеличиваются с понижением значений $\delta^{13}\text{C}$ (рис. 5Б,В). После 0,7-0,75 т.л.н. (1200-1250 гг.) озеро становится глубже, литоральная зона сокращается. Анализ палеозаписи *BN2016* позволяет предположить усиление гумидности и развитие лесов между 1400-1810 гг. в окрестностях озера Баян-Нур. Хронологически этот период относится к МЛП.

В Северном полушарии наступление ледников и усиление западных ветров над Северной Атлантикой и Сибирью предполагают изменения климата между 1350 и 1800 гг., которые были самыми быстрыми и сильными с начала голоцена. Согласно радиоуглеродному датированию древесины, погребенной под моренами, увеличение площадей больших ледников в Российском Алтае начинается в 13 веке, маркируя наступление Малого ледникового периода. Активация небольших ледников коррелирует с самой холодной фазой, начиная со второй половины 15 и в 16 веках. На основании палинологических данных из обнажения в долине р. Чуя на юго-востоке Российского Алтая, предполагают начало Малого ледникового периода в этой части Алтайских гор в 1600 г. Согласно дендрохронологическим исследованиям Алтае-Саянского региона, Малый ледниковый период датируется здесь 17-19 веками. Ледниковая стадия Актру в Российском Алтае, датируемая 13-19 веками, подтверждает существования холодного и влажного климата. Исследования $\delta^{13}\text{C}$ в годовых кольцах *Larix cajanderi* из северо-восточной Якутии показали существование холодного и влажного МЛП в Восточной Сибири. Янг с соавторами отмечают, что МЛП в аридной Центральной Азии также был холодным и влажным.

Реконструированные по хирономидным данным средние температуры июля показывают потепление климата в Убсунурской котловине в последние 100 лет [68], а анализы по соотношению стабильных изотопов углерода указывают на гумидную фазу и подтверждаются возросшими реконструированными среднегодовыми осадками (рис. 6Г дис.).

Установлено возрастание обилия пыльцы древесных (в основном сосны) в современное время по палиноданым керна озера Баян-Нурук (рис. 5А дис.). Палинологические данные, полученные из ледового керна ледяного керна Хух-Нуруу Уул из массива Цам-Багарав, охватывающего последние 6 т.л., выявляют максимальное сокращение лесов после 1700 г., а расширение площади лесов только в последние 60 лет. Исследователи полагают, что развитие березняков происходило после пожаров и вырубки лесов населением. Период от 2 до 1,6 т.л.н., согласно палинозаписи *UN2017* из озера Урег-Нур характеризуется широким распространением темнохвойной тайги с сосной сибирской в окрестностях озера. После 1,6 т.л.н. в палиноспектрах *UN2017* резко возрастает процент пыльцы травянистых растений и особенно маревых; обилие пыльцы сосны сибирской резко падает; реконструированный уровень осадков также снижается (до 290 мм/год) (табл. 2 дис.). Участие сосны сибирской в растительном покрове водосбора озера Урег-Нур увеличивается после 1,4 т.л.н. Климат увлажняется, уровень осадков возрастает до 310-320 мм/год. Самый влажный период отмечается между 0,95-0,7 т.л.н. (330-350 мм/год.). Малый ледниковый период характеризуется относительно высоким количеством осадков, что сопровождается понижением значений биота *STEPPE* и увеличением биота *TAIGA*. Количество осадков резко понижается в интервале 0,2-0,13 т.л.н. (1750-1850 гг.). В последние 200 лет опять расширяются площади леса, резко сокращается обилие пыльцы маревых и эфедров.

Палинозапись из озера Канас для последних 4 т.л. выявила заметное снижение пыльцы древесных и возрастание пыльцы травянистых; показатели биота *TAIGA* снижаются, а *STEPPE* – повышаются (табл. 2 дис.). Растительный покров характеризуется сокращением лесной растительности и развитием открытых степных ландшафтов. Особенно эти процессы становятся выраженными в последние 1,5 т.л., когда увеличивается доля пыльцы полыни и сокращается доля пыльцы маревых. При этом максимальное количество осадков за всю палеозапись также реконструировано для последних 3,8 т.л.н. – 310 мм/год.

Зарубежные ученые Клинге и Зауэр отмечают, что большинство палеозаписей из Монголии, которые отражают теплый и сухой климат в последние 4 т.л., получены из озер, расположенных на восточных макросклонах горных хребтов. В то время как озера, палеозаписи которых показывают холодные и влажные климатические условия, расположены на западных макросклонах хребтов. Такая ориентированность подчеркивает большое значение северо-западного переноса влаги на территории Монголии, связанного с западными ветрами. В последние 2 т.л. в Монголии, основываясь на палинологических и дендрохронологических данных, реконструированный климат испытывает заметные и короткие флуктуации, а в последние десятилетия отмечается потепление климата. Однако

до индустриальной эры наблюдался выраженный тренд на похолодание.

Таким образом, несмотря на некоторые несоответствия в локальных реконструкциях, в позднем голоцене Алтайской горной страны можно выделить холодный эпизод на рубеже северогриппианского и мегхалайского веков 4,0-3,8 т.л.н.; относительно теплый и гумидный интервал 3,5-2,0 (1) т.л.н.; нарастание аридизации в последние две тысячи лет; холодный и влажный Малаго ледникового периода и современное увеличение гумидности (рис. 17, стр. 47 дис.).

В Главе 6. «Оценка изменения фиторазнообразия для позднего дриаса и голоцена Алтайской горной страны» диссертантка представляет результаты для реконструкций прошлого альфа и бета-разнообразия растений по палинологическим данным используется стандартный набор методов, хотя и с некоторыми ограничениями. Для оценки альфа-разнообразия используются числа Хилла, при этом речь идет не о видовом разнообразии, а о разнообразии палинотаксонов или палинотипов, поскольку при проведении спорово-пыльцевого анализа не всегда удастся определить пыльцевое зерно до вида, т.е. обосновывается методика оценки тенденций изменения реального фиторазнообразия прошлого при ограничениях возникающих с особенностями палинологических данных. Опубликованные методические работы, представленные в списке использованной литературы указывают на адекватность палинологических данных для оценки реального разнообразия растений. Автор дает толкование термина бета-разнообразия, используемого в экологии, по которым понимается количественная оценка замены одного вида на другой в сообществе во времени или пространстве (или там и там одновременно). Одновременно рассматривается и понятие временного бета-разнообразия) представляющего собой изменение состава сообщества во времени, выраженное в количественной оценке несходства между каждым временным шагом для одной точки в пространстве. В палинологическом анализе бета-разнообразия обычно определяется совокупностью композиционных изменений всех палинотаксонов в пределах одной стратиграфической последовательности (палинозаписи), то есть относительно временного градиента и палинологические записи представляют собой надежное средство для исследования композиционной смены в сообществах в течение длительных периодов времени. Впервые полученные автором данные о биоразнообразии указывают на его низкий уровень на территории степного Алтая для конца позднеледниковья и начала голоцена. В северной части Монголии аналогичная ситуация характерна для позднего ледникового, начала и всего позднего дриаса. Четко констатируется, что рубеж плейстоцена и голоцена Алтайской горной страны характеризовался от частичной до полной сменой таксономического состава сообществ. Наибольшее значение индексов фиторазнообразия и выровненности характерно для севера Монгольского Алтая для интервала 8,5-3,8 т.л.н. с максимумом между 7,1-6,9 и 5,7 т.л.н. (по палинологическим данным из озер Канас и Хотон-Нур). Общий вывод относительно биоразнообразия может выражаться в следующем: увеличение площадей леса и гумидности в аридных и полумаридных районах Алтая и сопредельных территорий приводит к увеличению растительного биоразнообразия из-за образования большего количества различных в экологическом отношении местообитаний. В гумидных таежных районах Алтая прошлое фиторазнообразие увеличивалось, наоборот, при усилении аридности, сокращении площадей леса и развитии степных и пустынных сообществ (рис. 19, стр.67). Подтверждение гипотезы об увеличении флористического и палинологического разнообразия при снижении процента лесопокрытия и увеличении площадей свободных от лесной растительности отмечается при расчёте индексов фиторазнообразия для позднего голоцена окрестностей озера Телецкое, занятых сейчас горной тайгой.

Интересные данные получены автором для Малого ледникового периода - с 1550 по 1750 гг. идет увеличение значений биомов STEPPE и TUNDRA, то есть фиксируется распространение более открытой растительности вследствие похолодания, увеличивается и разнообразие доминантных и фоновых видов (рис. 16Б, табл. 2, стр.31, 41 дис.). Например, для позднегоголоценовой палинозаписи из озера Баян-Нур, которое располагается в аридной зоне Монгольского Алтая, согласно рассчитанным индексам максимальное растительное разнообразие приходится а интервал 570-200 лет назад (1380-1750 гг.), который можно хронологически соотнести с Малым ледниковым периодом. В это время реконструировано максимальное количество осадков и самые низкие средние температуры июля для окрестностей озера. Реконструкция растительности выявляет увеличение площадей леса и сокращение площади опустыненной растительности. Сокращение лесов, расширение распространения опустыненных и степных сообществ, увеличение среднеиюльских температур и невысокое количество среднегодовых осадков в период между 1910-1020 л.н. (40- 930 гг.), наоборот, характеризуют здесь пониженным растительным разнообразием. Похожие результаты получены по палинозаписи из озера Урег-Нур, расположенного западнее озера Баян-Нур. Здесь также период между 1300 и 1750 гг. сопровождался повышенным количеством осадков и максимальным фиторазнообразием. По мнению автора, полученные результаты корреляционного анализа рассчитанных индексов биоразнообразия и выровненности для всех исследованных озер (табл. 3, стр. 40 дис.) выявленные закономерности должны быть проверены в будущем на большем количестве материала.

Кривая общего растительного бета-разнообразия, рассчитанная на основании данных всех палинозаписей, показывает наибольшие значения, начиная с позднего дриаса и в раннем голоцене ($SD=0,8-1,2$), а затем понижается вплоть до наших дней до $SD=0,1-0,2$ с единственным пиком около 3,8 т.л.н. ($SD=0,9$) (рис. 17Г,18). Самые низкие значения общего растительного бета-разнообразия АГС приходятся на последний период голоцена – мегхалайский век ($medSD=0,3$). При этом общее таксономическое разнообразие ($N1$, $N2$) в растительном покрове Алтая максимально также в мегхалайский век, постепенно понижаясь к началу голоцена и концу плейстоцена (рис. 18). В настоящей работе в позднем голоцене Алтая не фиксируется ускорение смены состава растительности, вероятно, из-за относительно низкой антропогенной нагрузки по сравнению с Европой или Юго-Восточной Азией. Другим объяснением такого расхождения может быть разница в используемых методических

подходах, и, следовательно, этот вопрос следует в дальнейшем прорабатывать с использованием различных статистических методик.

В Главе 7 «Некоторые дискуссионные вопросы изменения природных условий Алтайской горной страны в контексте глобальных природных процессов позднего плейстоцена и голоцена Евразии» содержится информация о времени и границах влияния на эту территорию азиатского муссона, а также его взаимодействия с западным переносом воздушных масс в разные периоды позднего плейстоцена и голоцена. Точки зрения на этот вопрос не однозначные и это доказывается автором на основе использования анализа зарубежных литературных источников, например считалось, что раннеголоценовые климатические флуктуации в северной части Центральной Азии и даже в юго-западной Сибири обеспечивались активностью азиатского муссона а ослабление летнего азиатского началось со среднего голоцена.

На сегодняшний день сформирована иная точка зрения на сценарий развития климата в голоцене (на основании изучения озерных отложений). Автором, на основе анализа литературных данных по моделированию с использованием набора данных TraCE-21ka (Simulation of Transient Climate Evolution over the last 21,000 years) с учетом внешних и внутренних движущих факторов (изменения инсоляции, концентрации парниковых газов в атмосфере, потоков талой воды и размеров континентальных ледяных щитов) показано, что как летние, так и зимние осадки в аридной части Центральной Азии увеличились после 12 т.л.н. Однако количество зимних осадков было относительно низким до ~8 т.л.н., а затем увеличилось почти линейными темпами до современного уровня. Количество летних осадков начало быстро увеличиваться между 12 и ~8 т.л.н., а затем оставалось на высоком уровне с небольшим снижением в последние 2 т.л.

Моделирование биомов с применением модели REVEALS для Алтая и Северной Монголии выявило увеличение количества лиственных, начиная с 11 тыс. лет назад, а вечнозелёных хвойных – только с 9 тыс. лет назад. Существование аридного раннего голоцена в Центральной Азии в районах, прилегающих к АГС, подтверждают палеозаписи из озер Сайрам, Эби, Вулунгу, Баликун (Синзьян); озера Чжуе (Гансю), находящегося сегодня на границе влияния азиатского муссона и северо-атлантического воздушного переноса; озера Бостен (Восточный Тянь-Шань); лессово-почвенной палеозаписью в Синьцзяне.

Важным достижением исследований автора является подтверждение того, что описанный выше сценарий применим и для Алтайской горной страны и что, даже в раннем голоцене климат Алтая не подвергался влиянию азиатского муссона. Этому свидетельствует реконструированное здесь заметное увеличение количества среднегодовых осадков не ранее 8 т.л.н., то есть относительно аридный ранний голоцен (стр. 72, рис. 20). На основе материалов исследований автора и коллег в 2018 году были обобщены все имеющиеся записи из озер и торфяников Алтайской горной страны и прилегающих территорий (всего 30 палинозаписей) (Zhan, Feng, 2018), используя выведенные ими температурные индексы (проценты пыльцы древесных растений - AP(%); отношение пыльцы *Abies sibirica* и *Picea obovata* к *Pinus sibirica* ((*Abies*+*Picea*)/*Pinus sibirica*) и отношение пыльцы широколиственных пород к хвойным (Br/Co)), показали, что климат был значительно теплее между 12 и 9-8 т.л.н., а тренд на похолодание отмечен позднее 9 т.л.н. Было установлено, что температуры, рассчитанные для объектов исследования, которые располагаются выше границы леса, показывали рост между 12 и 8 т.л.н., а потом понижались. Температуры, полученные для палинозаписей озер, находящихся в лесном поясе и ниже лесного пояса были относительно высокими между 12 и 8,5 т.л.н., а затем также снизились. Для оценки увлажнения авторы использовали индексы аридности, например, отношение процента пыльцы травянистых растений к древесным (NAP/AP); отношение пыльцы *Amaranthaceae* и *Artemisia* к *Poaceae* ((A+C)/P); отношение суммы пыльцы степных травянистых растений к древесной (SFI, $SFI = (Artemisia + Amaranthaceae + Ephedra + Caryophyllaceae) / AP$); отношение пыльцы *Amaranthaceae* к *Artemisia* (C/A) и отношение пыльцы *Ephedra* к *Artemisia* (E/A). Для оценки изменения увлажнения в голоцене Алтайской горной страны авторы использовали 11 палинозаписей. Самое начало голоцена (до 10,5 т.л.н.) было аридным, затем общее увлажнение территории начинает повышаться и остается высоким до 7 т.л.н. Увеличение атмосферных осадков связывают с событиями, родственными АМО (*Atlantic Multidecadal Oscillation*) в Северной Атлантике. Ранний голоцен (11-8 т.л.н.) Монголии, включая и Монгольский Алтай, был теплым. Температуры начали падать только после 6 т.л.н. .

Исключением из общей схемы развития природы раннего голоцена Алтайской горной страны стала палеозапись из озера Улан, расположенного в юго-восточных предгорьях Гобийского Алтая. Располагаясь сегодня далеко за пределами азиатского муссона, в раннем голоцене палеозапись озера выявляет гумидный период (по геохимическим данным). Это может быть свидетельством того, что азиатский муссон в раннем голоцене доходил до 44 градуса северной широты. В среднем и позднем голоцене ледниковые щиты высоких широт сократились или полностью исчезли, а более теплые поверхностные североатлантические воды начали испарять больше влаги. Это отразилось в общем повышении влажности на всем евразийском континенте . В Центральной Азии с повышением температур усилилась циклоническая активность и, вероятно, увеличились конвективные осадки, что привело к дополнительному увлажнению.

В позднем голоцене, когда больших ледниковых щитов в высоких широтах уже не существовало, понижение температур, связанное со снижением интенсивности летней инсоляции, дополнилось и уменьшением осадков. Однако позднее Chen и др. пришли к выводу, что и поздний голоцен в аридной Центральной Азии также был не менее гумидным, чем средний голоцен, однако в результате исследований по записям из озер Канас и Хотон-Нур, не подтверждаются данными из центрального Российского Алтая и Предалтайской степной области (рис. 20). В целом для Алтая и Северной Монголии моделирование биомов REVEALS выявляет, что после 4 т.л.н. вечнозелёные хвойные становятся доминантными лесными таксонами, однако лиственная также сохраняет высокое обилие в позднем голоцене. При анализе объединенной реконструкции биомов, представленной в данном

исследовании, также выявляются высокие значения для биома TAIGA в позднем голоцене для АГС, несмотря на общее снижение количества осадков (рис. 17, стр. 47). Свидетельства, подтверждающие гумидность Малого ледникового периода по сценарию «холодно-влажно» на территориях окружающих Алтайскую горную страну были найдены в литературных источниках, используемых при написании диссертационной работы. Еще более важно, что, несмотря на общее повышение увлажнения во время Малого ледникового периода, данные, полученные автором позволили выделить несколько фаз с 1300 по 1800 гг.: между 1350-1400 гг. относительно влажная фаза; между 1400 и 1500 гг. - относительно сухая; между 1500 и 1700 гг. - самая гумидная и далее к концу Малого ледникового периода гумидность понижается. Палеорекострукция средневековых температур по данным элементного анализа керна из озера Нижнее Мультиновское (Катунский хребет) также выявляет температурные флуктуации и позволяет выделить три фазы: с 1300 по 1550 гг. – самая холодная фаза; с 1500 по 1700 гг. - более теплая фаза и заключительная холодная фаза - с 1700 по 1800 гг. (эти данные еще не опубликованы авторами).

В «**Заключении**» (стр.75-76) автором сформулированы основные итоги исследования, которые полностью соответствуют полученным результатам (по тексту диссертации стр. 75-76):

1. Детальное изучение палеозаписей донных отложений озер, расположенных в разных районах Алтайской горной страны позволило получить высококоррелирующую количественную реконструкцию климата и растительности для конца МИС2 и голоцена.

2. Использование индексов для расчета альфа- и бета-разнообразия позволило также выявить уровень изменения растительного разнообразия АГС для разных периодов голоцена и тенденции изменения бета-разнообразия относительно временного градиента, начиная с позднего дриаса.

3. Установлено, что ранний голоцен во всех частях АГС был относительно аридным и эта территория находилась под североатлантическим влиянием (западный перенос воздушных масс), а не под воздействием азиатского муссона, как предполагает ряд исследователей.

4. Развитие лесной растительности начинается около 10,8 т.л.н., что совпадает общей схемой развития голоцена Северной Азии; при этом резкое и значительное увеличение осадков происходит в АГС только около 8 т.л.н. Северогриппианский век (8,2-4,2 т.л.н.) во всех изученных палеозаписях характеризуется наибольшей гумидностью и распространением лесной растительности; сокращение лесов и понижение количества среднегодовых осадков отмечается после 5 т.л.н. Наибольшее распространение широколиственных пород на юге Западной Сибири и на Алтае отмечается между 7,2-2,6 т.л.н.; после Малого ледникового периода присутствие широколиственных пород в палеозаписях озер Алтайской горной страны не отмечено. Период более холодного и сухого климата около 3,9-3,8 т.л.н., а также более теплый и влажный период между 3,5-1 т.л.н. в северо-восточном Алтае сближает его с территориями Северной Европы и отличает от аридной центральной Азии. Малый ледниковый период в Алтайской горной стране во временном интервале 1300-1800 гг. в целом соответствует сценарию «холодно-влажно», что, наоборот, сближает Алтайскую горную страну с Центральной Азией и отличает от муссонной юго-восточной Азии, где Малый ледниковый период соответствовал сценарию «холодно-сухо».

5. На основании анализа альфа-разнообразия для палинозаписей из 10 озер, расположенных в разных типах ландшафтов Алтайской горной страны, сделан вывод, что для озер, расположенных в областях с недостаточным увлажнением, фиторазнообразие на уровне фоновых и доминантных видов сильно положительно коррелирует с увеличением облесенности территории и увеличением количества осадков (последнее верно только для котловинных озер). К таким озерам относятся озера Малое Яровое, Кучук, Теньгинское, Урег-Нур и Баян-Нур. Индексы фиторазнообразия по данным из отложений высокогорного озера Канас, также расположенного в зоне с недостаточным увлажнением, положительно коррелируют с увеличением облесенности и с развитием разных типов высокогорной растительности (таксоны, которые при биомизации попадают в биом TUNDRA) и отрицательно реагируют на повышение июльских температур. Показатели фиторазнообразия, полученные и для котловинных и для высокогорных озер, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, выявляют одинаковые закономерности: при увеличении площадей леса растительное разнообразие увеличивается. В аридных высокогорьях растительное разнообразие положительно реагирует не только на облесение, но и на увеличение площадей разных типов неостепненных высокогорных формаций. Фиторазнообразие, рассчитанное для озер, находящихся в горных поясах, характеризующихся высоким процентом лесопокрытия (Телецкое, Игистукель, Балыктукель), напротив, увеличивается площадь открытых площадей, занятых степными или тундровыми сообществами.

Важным выводом из расчёта растительного бета-разнообразия является то, что в течение голоцена на территории Алтайской горной страны не наблюдается никаких резких изменений уровня растительного разнообразия, даже в период наибольшей гумидности. Максимальные перестройки таксономического состава растительных сообществ в Алтайской горной стране происходили только на рубеже голоцена и плейстоцена. Установлено, что в последнее тысячелетие общее фиторазнообразие АГС увеличивается, несмотря на понижение общего уровня осадков, общего увеличения площади лесов и снижения участия степей в растительном покрове. Причиной этого может быть появление большего количества разнообразных местообитаний из-за хозяйственной деятельности человека.

Отмечая высокий уровень работы, хотелось бы обратить внимание на ряд замечаний, отмеченных в тексте по ходу анализа диссертации и задать ряд вопросов.

1. В тексте диссертации отмечено, что автором впервые получены количественные характеристики палеоклимата и растительности для позднего плейстоцена и голоцена Алтайской горной страны. Кто еще из исследователей палинологов ранее получал палеоданные по этой территории?

2. Остается открытым вопрос о ключевых озерах, принципах их выбора и как их местоположение дает возможность ответить на вопрос об изменениях границ высотных поясов на такой разнообразной в ландшафтном отношении территории как Алтайская горная страна?

3. Возможно ли было проводить более детальные исследования озерных кернов при отборе образцов через 1 см? И как на Ваш взгляд это могло повлиять на репрезентативность результатов?

4. Возможно ли было предоставить результаты реконструкций климата и растительности в структурированном виде с учетом нахождения объектов исследования в биоклиматических районах, либо исследованных территорий?

5. Практически все публикации автора на английском языке, в связи с этим, не планирует ли автор издать монографию на русском языке, что особенно важно для студентов-бакалавров, магистров и начинающих молодых ученых?

На основании анализа содержания глав диссертации и статей в списке работ можно сделать вывод о полном их соответствии. Научные положения, выносимые на защиту, обоснованы и отражают выводы, сделанные в диссертации на основе проведенных исследований. Комплексное изучение озерных отложений в разных районах Алтайской горной страны, использование современных методов статистической обработки фактического материала, публикации в высокорейтинговых журналах подтверждают высокую квалификацию автора диссертационной работы.

Н.А. Рудая результатами своей многолетней исследовательской работы, проделанной на основе детальных палеогеографических исследований озер Алтайской горной страны, показала их огромную практическую значимость для решения вопросов изменения климата и растительности, фиторазнообразия в сложный и недостаточно изученный отрезок геологического времени в конце МИС2 и голоцене.

Н.А. Рудой на практике показаны преимущества комплексного использования современных методик анализа и интерпретации палинологического материала, совместного сотрудничества с российскими научными организациями и интеграции с зарубежной наукой. Таким образом, полученный автором новый материал, является существенным вкладом в развитие палеогеографии горных территорий и глобальных природных процессов позднего плейстоцена и голоцена самого крупного материка планеты – Евразии.

Диссертационная работа Рудой Н. А. «Изменение климата, растительности и фиторазнообразия», представленная в виде научного доклада выполнена на высоком научном уровне, является завершенным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 11.09.2021), а ее автор Рудая Наталия Алексеевна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора географических наук по специальности 1.6.14. – геоморфология и палеогеография.

Доктор географических наук
1.6.14 – геоморфология и палеогеография
1.6.12 - физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов)
Профессор, заведующая кафедрой географии
Сибирского федерального университета
«12 мая» 2022 г.

Ямских Галина Юрьевна

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
660041 г. Красноярск, пр. Свободный, 79
www.sfu-kras.ru
Yamskikh@mail.ru
8 (391) 244-86-25; 8913-595-41-95

Я, Ямских Галина Юрьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

« 12 мая » 2022 г.



ФГАОУ ВО СФУ	
Подпись <u>Т.Ю. Ямских</u>	заверяю
Начальник общего отдела <u>И.В. Мухоморова</u>	
12	05 2022