

На правах рукописи

**ДОРОФЕЮК
Надежда Ивановна**

**Реконструкция природных условий Внутренней Азии в позднеледниковье
и голоцене (по материалам диатомового и палинологического анализов
озерных осадков Монголии)**

03.00.16 – «Экология»

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Москва
2008

Работа выполнена в лаборатории экологии аридных территорий Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук Савинецкий Аркадий Борисович
доктор биологических наук, профессор Онипченко Владимир Гертрудович
доктор географических наук, профессор Субетто Дмитрий Александрович

Ведущее учреждение: Институт водных проблем РАН, г. Москва

Защита диссертации состоится 18 марта 2008 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 002.213.01 при Институте проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (119071, Москва В-71, Ленинский проспект, д. 33; факс: 7(495) 952-35-84, e-mail: admin@sevin.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Отделения биологических наук РАН по адресу: 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33.

Автореферат разослан 15 февраля 2008 г.

Ученый секретарь
Совета по защите докторских
и кандидатских диссертаций,
кандидат биологических наук

Т.П. Крапивко

Актуальность темы. Изучение колебаний климата и связанной с ними динамики растительности различных регионов Земли на последних этапах ее геологической истории никогда не теряло своей актуальности, поскольку эти данные имеют прямое отношение к главным условиям существования биоты и жизни людей. Актуальность таких исследований постоянно возрастает в связи с возникновением мощных аномальных явлений в природе, которые связываются учеными с усиливающимися антропогенными воздействиями на биосферу, приводящими к глобальному потеплению климата.

В этой связи очень важной представляется разработка новых ретроспективных и прогностических схем развития природы в регионах Внутренней Азии со специфическим режимом резко континентального климата, который поддерживает ландшафты этих территорий в состоянии, близком к позднеплейстоценовым. Такие схемы, позволили бы, в частности, ответить на следующие вопросы:

- были ли в истории этих ландшафтов теплые периоды их развития и в чем они выражались?
- каким образом схема позднечетвертичной истории климата и растительности Монголии выглядит на фоне существующих общеземных моделей их развития?
- что может произойти на территории Монголии, разнообразие растительности которой всецело связано с уникальными характеристиками ее современного климата?

Цель и задачи исследования. Основной целью настоящего исследования является изучение позднечетвертичной динамики климата и растительности Внутренней Азии по материалам диатомового и палинологического анализов донных осадков пресноводных озер Монголии.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Составить наиболее полный на настоящее время список представителей современной и прошлой (погребенной) альгофлоры по данным собственных исследований вод и танатоценозов монгольских озер с привлечением имеющихся литературных данных.

2. Выявить биолого-экологические характеристики водорослевых комплексов пресных водоемов в историческом аспекте по материалам исследования биостратиграфии донных осадков. Определить на базе этих материалов природные условия развития водоемов исследуемой территории в конце позднего плейстоцена и в голоцене.

3. Обобщить имеющиеся данные палинологического анализа колонок донных озерных осадков и поверхностных почвенных проб. На основе этих материалов дополнить и расширить имеющиеся немногочисленные схемы исторической динамики растительности Монголии.

4. На основе полученных материалов составить новую схему развития природной обстановки в Монголии на её постплейстоценовом этапе.

Предмет защиты. Новая биостратиграфическая схема позднечетвертичных изменений растительности и климата Монголии по материалам палеоботанического анализа.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Озерная диатомовая флора Монголии не проявляет признаков обособления от палеарктической флоры в целом: на протяжении постплейстоценовой истории в ней абсолютно преобладали пресноводные донные и перифитонные группы водорослей, алкалифильные формы, космополитные и бореальные элементы.

2. Реконструированные по палинологическим данным изменения растительности послеледниковья и голоцена Монголии хорошо согласуются с данными диатомового анализа, по которым реконструированы уровни озер, что позволяет говорить о единой климатической природе этих изменений.

3. Пространственная картина растительного покрова Монголии на всех этапах ее позднечетвертичной истории оставалась ярко мозаичной, отражавшей высокую неоднородность местных экологических режимов территории. Господствующими элементами этой мозаики, очень подвижной в пространстве и времени, оставались четыре типа растительности – тундро-степь, тайга, степь и пустыня.

4. Постплейстоценовые характеристики этих типов растительности в Монголии не подвергались коренным изменениям. Менялись лишь их соотношения и размещения в пространстве и во времени. Степи замещались пустынными степями в аридные фазы голоцена, в его влажные фазы расширяли свои позиции таежные леса, но степи сохраняли господство на территории страны на протяжении всей ее позднечетвертичной истории.

Научная новизна и теоретическое значение работы. Автор первым использовал диатомовый анализ для исследования донных осадков пресноводных озер Монголии. Работа является наиболее полным на современный момент обобщением материалов по диатомовой флоре позднего плейстоцена и голоцена страны. Впервые получена экологическая характеристика ископаемых разновозрастных диатомовых комплексов, установлены доминирующие и характерные комплексы диатомей с надежными временными привязками. Показана возможность использования материалов диатомового анализа для решения ряда палеогеографических и стратиграфических задач.

Интерпретация материалов диатомового анализа произведена на фундаментальном флористическом материале, опубликованном автором в сводке «Конспект флоры водорослей Монголии» (Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002). Она включает 1574 таксона водорослей из 10 отделов. Сводка позволяет оценить высокое таксономическое разнообразие альгофлоры исследуемого региона и использовать эти материалы для репрезентативной реконструкции прошлых и современных состояний водоемов страны, а также для осуществления мониторинга качества пресных вод.

Сопряженный комплексный анализ геологических, гидрологических, биологических и климатических данных позволил провести реконструкцию уровней озер, растительности и климата позднечетвертичного времени с использованием радиоуглеродного датирования. Последнее значительно увеличило надежность построенной автором новой биостратиграфической схемы развития природных условий исследуемого региона. Решению этой задачи способствовало и применение нового метода «биомизации» (Prentice et al., 1996).

Практическое значение работы. Разработка новой биостратиграфической схемы развития природных условий Внутренней Азии в позднеледниковье и голоцене, основанной на накопленных за последнее десятилетие и обобщенных автором материалах по динамике растительности и климата, рассматривается как актуальная проблема, имеющая, в частности, прямое отношение к прогнозу возможных изменений форм и направлений пастбищного, земледельческого и лесного хозяйств Монголии в новых социально-экономических и экологических условиях.

Полученные материалы могут быть использованы при чтении лекций, составлении для вузов учебников и учебных пособий по таксономическому разнообразию, экологии и географии пресноводной альгофлоры, палеогеографии и геологии территорий Внутренней Азии.

Вклад автора в разработку проблемы. В основу настоящей работы положены результаты многолетних исследований автора, материалы для которых получены им при полевых работах в составе Совместной Российско (Советско)-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АН Монголии (1971-1980 гг.). Автор лично отбирал пробы для всех видов анализа, принимал участие в обработке полученных материалов, их обобщении и интерпретации. Автор первым осуществил альгологический и диатомовый анализы донных осадков озер Монголии, результаты которых послужили основанием для реконструкции палеоуровней озер. Они были использованы также в разработке проекта Международного научного фонда (International Science Foundation) "Synthesis and Paleoclimatic Interpretation of Late Quaternary Lake-level Records from northern Eurasia" (Grant № NC 5000) и вошли в мировой каталог данных Международной палеоклиматологической программы (NOAA Paleoclimatology Program).

Изученный в ходе работы состав флоры водорослей Монголии в целом и флоры озерных танатоценозов позволил автору провести на основе новейших номенклатурных изменений ревизию альгофлоры и опубликовать (совместно с Д. Цэцэгмой) первую, наиболее полную сводку «Конспект флоры водорослей Монголии» (2002).

Пересмотрены, переосмыслены и использованы в диссертации ранее не опубликованные материалы спорово-пыльцевого анализа донных осадков, выполненного Е.П. Метельцевой и В.Т. Соколовской в 1971-1985 гг. Эти данные позднее были опубликованы автором (совместно с П.Е. Тарасовым) в серии статей и книг, посвященных реконструкции растительности и климата Монголии в конце позднего плейстоцена и в голоцене и положены в основу разработанной автором биостратиграфической схемы. Фактические материалы спорово-пыльцевого анализа вошли в Европейскую пыльцевую базу данных (EPD, Arles, France) и использованы в крупных международных проектах «BIOM 6000» и «BIOM 18000».

Лично автором проведены геоботанические описания растительности побережий озер, отобраны поверхностные почвенные пробы для определения состава субрецентных спорово-пыльцевых спектров; выявлены их соответствия составу современной естественной растительности, что повысило достоверность проведенных палеореконструкций.

Автором собран гербарий цветущих растений, включивший более 1000 листов и переданный в гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Материалы гербария были использованы для приготовления эталонных препаратов пыльцы. Микрофотографии пыльцы 140 таксонов растений опубликованы в атласе M. Reille «Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord» (1998).

За научные работы, опубликованные по теме диссертации, Н.И. Дорофеюк дважды награждена Дипломами Русского Географического Общества (29 ноября 1994 г. и 26 ноября 1996 г.), Благодарностью Российской академии наук (7 июня 1999 г.), Почетным знаком «Заслуженный охранник природы» Министерства природы и природных ресурсов Монголии (05 сентября 2005 г., № 901), несколькими Почетными грамотами Академии наук Монголии.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 49 работ, в том числе 6 монографий (в соавторстве), 3 главы в 2-х монографиях (в соавторстве), 32 работы в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах и изданиях и 8 работ в других изданиях.

Апробация работы. Материалы работы доложены (и опубликованы) на 26 отечественных и международных симпозиумах и конференциях, в том числе: Всесоюзных совещаниях по истории озер (4-е в Ленинграде, 1975 г., 6-е в Таллине, 1983 г., 8-е в Минске, 1989 г.); совещаниях: «Природные условия и биологические ресурсы МНР» (Улан-Батор, 1980 г., Москва, 1986 г., Иркутск, 1985 г.); «Экология и природопользование в Монголии» (Улан-Батор, 1990 г.); «Экология и география диатомовых водорослей» – 2-ая школа диатомологов (Минск, 1995 г.); «Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке» (Санкт-Петербург, 1998 г.); «Актуальные проблемы палинологии на рубеже третьего тысячелетия» (Москва, 1999 г.); «Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов» (Томск, 1999 г.); «Разнообразие растительного покрова Байкальского региона». (Улан-Удэ, 1999); Международные конгрессы по изучению четвертичного периода (INQUA – IX в Москве, 1982 г., XIV в Берлине, 1995 г.); «Ecosystem Evolution» (Moscow, 1995); «Asian ecosystems and their protection» (Ulaanbaatar, 1995); «Global Changes and Geography» (Moscow, 1995); XXII General Assembly of the European Geophysical Society (Nice, France, 1998); 10th International Palynological Congress (Nanjing, China, 2000); «Central Asian ecosystems 2000» (Ulaanbaatar, Mongolia, 2000); «State and Dynamics of Geosciences and Human Geography of Mongolia» (Berlin, 2000); «Monsoon and Civilization» (Pune, India, 2001); «Monsoon, 2002» (Kunming, China, 2002); «Climate drivers of the North» (Kiel, Germany, 2002); «Geographical study of Central Asia and Mongolia» (Ulaanbaatar, Mongolia, 2002); «Environmental Change in Central Asia» (Berlin, Germany, 2003).

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 401 странице, включает 85 рисунков и 20 таблиц. Состоит из Введения, 8 глав, заключительных выводов,

списка используемой литературы и Приложения. Список литературы насчитывает 360 наименований, из них 131 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает признательность палинологам Е.П.Метельцевой и В.Т. Соколовской, осуществившим спорово-пыльцевой анализ донных осадков пресноводных озер Монголии. Глубокую благодарность автор приносит палинологу и палеогеографу П.Е. Тарасову – коллеге и соавтору, с которым обработаны и опубликованы все палинологические материалы; палеолимнологу, профессору Д.М.Севастьянову, эстонскому геохимику А.А. Лийва, монгольскому альгологу Д.Цэцэгмаа, диатомологу М.А. Гололобовой.

Особую признательность автор выражает коллективу лаборатории экологии аридных территорий ИПЭЭ РАН и сотрудникам СРМКБЭ РАН и АНМ: П.Д. Гунину, И.А. Банниковой, Е.А. Востоковой, С.Н. Бажа, А.В. Прищепе, А.В. Андрееву, Ю.И. Дробышеву, Т.М. Агапкиной, Л. Жаргалсайхану, а также сотрудникам лаборатории общей биогеоценологии и исторической экологии ИПЭЭ РАН Н.К. Киселевой и А.Н. Бабенко за дружеское участие, помощь и поддержку проведенных исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Внутренняя Азия и методы исследования позднечетвертичной истории развития природных условий

В главе рассматривается понятие Внутренней Азии, положение в ней Монголии, материалы и методы палеогеографического исследования послеледниковой истории развития территории.

Внутренняя Азия – обширная внутриконтинентальная территория, охватывающая внеледниковую часть азиатского субконтинента. Она не имеет четких естественных границ и в географическом смысле довольно неопределенна. К ней относят северные районы Китая, Монголию, горный пояс Южной Сибири, Прибайкалье, Забайкалье, восточные районы Казахстана и Средней Азии. Эти территории объединяет значительная удаленность от океанов, общность геологического развития и общее ритмично направленное изменение климатических условий в течение всего четвертичного периода.

Монголия как центральная часть Внутренней Азии лежит в узле сопряжения контрастных геологических структур, на стыке глобальных систем циркуляции атмосферы и стыке гор Южной Сибири (испытывавших оледенения) с пустынной зоной Гоби (покровному оледенению не подвергавшейся). Через территорию страны проходит так называемый мировой водораздел, разделяющий бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов и бассейны бессточных впадин Центральной Азии. Эти специфические условия в совокупности с огромными гипсометрическими амплитудами, удаленностью от океанов, воздействием мощного азиатского антициклона обуславливают резко континентальный и сухой климат страны, определяют особые режимы развития ландшафтов Монголии, пресноводные водоемы которых являются чуткими индикаторами изменения специфических природных условий. Высокая информативность отложений пресных озер связывается с относительно непрерывным осадконакоплением и наличием в осадках достаточного

для датирования количества органики. Использование донных осадков в биостратиграфических целях применяется исследователями широко и давно, но в большинстве случаев они касаются гумидных зон. В условиях Монголии такие исследования связываются с рядом проблем, поскольку аридность климата не способствует непрерывному осадконакоплению. Решению этих проблем способствовали массовость, разнообразие и широкая география собранного автором материала, его обработка разными методами и сопоставление результатов проведенных анализов.

Литологический анализ позволяет расчленить толщу осадков на слои, характеризующие условия седиментации и геологические процессы, происходившие на территориях бассейнов озер. В озерных осадках фиксируются наиболее резкие изменения в режиме бывших водоемов, местные фациальные особенности отдельных участков водоема и связи с окружающим ландшафтом. Для биостратиграфических исследований этот вид анализа используется в совокупности с данными биологических видов анализа, а надежное радиоуглеродное датирование позволяет определить условия седиментации в определенные отрезки времени.

Альгологический анализ состава водорослей и экологии крупных систематических групп организмов, захороненных в донных отложениях, позволяет охарактеризовать условия формирования того или иного типа осадков и трофический статус бывших водоемов. Водоросли как организмы, непосредственно связанные своим обменом веществ с водной средой, тонко реагируют на изменение свойств последней. Суммарное обилие представителей той или иной крупной систематической группы водорослей в донных осадках характеризует не только условия среды данного водоема, но и в значительной степени зависит от исторических причин, обусловивших заселение водоема именно этими видами. Поскольку далеко не все водоросли хорошо сохраняются в осадках, сведения, полученные с помощью этого вида биологического анализа, дают лишь частичную картину прошлой жизни водоема.

Диатомовый анализ озерных осадков основан на хорошей сохранности в них кремневых створок диатомовых водорослей – микроскопических, одноклеточных, эвкариотных организмов, обитающих в разнообразных водных, эдафических и аэробных средах. В континентальных водоемах эта группа водорослей круглогодично доминирует в фитопланктоне озер и является первичным продуцентом органического вещества. Диатомеи образуют много характерных экологических комплексов, приуроченных к разным биотопам водоемов и адаптированных к разной степени солености, кислотности вод и к другим факторам.

Техническая очистка панцирей диатомей (стойкая морфологическая структура которых используется при идентификации таксонов) от органического содержимого была осуществлена по стандартной методике, требующей сжигания органики в крепких кислотах и использования токсичной тяжелой жидкости. Более поздние материалы обработаны по методике с применением 30% H_2O_2 .

Определение и классификация водорослей проведены автором с использованием отечественных определителей, зарубежных сводок и системы, разработанной Round, Crawford, Mann (1990). Определение и подсчет створок проводился по

горизонтальному ряду до 500-600 створок и более (с учетом их раздробленности) в средней части стекла. Расчет общей и видовых концентраций диатомей в 1 г сухого осадка осуществлен по количественной методике обработки данных, предложенной Н.Н. Давыдовой (1985) и позволяющей выявить роль отдельных видов в составе диатомового комплекса. При построении диатомовых диаграмм был использован (как и в спорово-пыльцевом анализе) пакет программ Tilia/Tilia-Graph.

Экологическая структура диатомовых комплексов рассматривалась по четырем группам признаков: 1) по приуроченности диатомей к различным биотопам (планктонные, донные и обрастатели); 2) по отношению к солености вод (галофобные, индифферентные, галофильные, мезогалобные); 3) по отношению к рН вод (ацидофильные, циркумнейтральные, алкалофильные, алкалобионтные); 4) по географической приуроченности диатомей (арктоальпийские, бореальные и космополитные).

Спорово-пыльцевой анализ озерных осадков, имеющий широкое применение в биостратиграфии, основан на большой пыльцевой продуктивности растений и хорошей сохранности пыльцевых зерен и спор в различных типах осадков. Характерные морфологические особенности пыльцевых зерен, (по которым идентифицируется их принадлежность хотя бы до рода), позволяют не только выявить флористический состав растительного покрова, но и определить соотношение различных его компонентов. Статистическая обработка данных микроскопического изучения последовательной серии образцов из одного разреза выявляет изменения в характере растительности за время осадконакопления, что является очень важным для реконструкции былой растительности. Несмотря на известные погрешности этого анализа, он остается одним из ведущих при реконструкциях изменений растительного покрова и климата в прошлом.

При обработке образцов для спорово-пыльцевого анализа использовалась стандартная методика с применением ацетализа. Насчет пыльцевых зерен в спорово-пыльцевых спектрах обычно составлял 200-1200 (в зависимости от концентрации пыльцы в отложениях). Сумма идентифицированной в образце пыльцы принималась за 100%, из них рассчитывалось относительное содержание каждого таксона. При построении пыльцевых диаграмм использовался пакет программ Tilia/Tilia-Graph, а визуальное разделение на локальные зоны в диаграммах поддерживалось программой CONISS.

При интерпретации результатов спорово-пыльцевого анализа учитывались основные закономерности продуцирования, рассеивания и фоссилизации пыльцы, установленные при анализе спорово-пыльцевых спектров (СПС) с территорий Северной Азии и Монголии (Tarasov et al., 1998).

Новым методическим аспектом в исследованиях явилось использование метода «биомизации» (Prentice et al., 1996), или метода объективной количественной реконструкции основных растительных формаций (биомов) с использованием палеоботанических данных. В основе метода лежит концепция функциональных типов растений, или крупных группировок растений, объединенных общностью жизненной формы (древесные или травяные), общими фенологическими

особенностями (вечнозеленые или листопадные) и т. д. и климатическими параметрами, определяющими критические пределы роста и воспроизводства растений. Метод «биомизации» был адаптирован для условий Монголии и использован в реконструкциях ее растительности и климата по данным палинологического анализа колонок озерных отложений (Tarasov et al., 1998; Gunin et al., 1999; Tarasov et al., 2004). Хорошую проверку этого метода обеспечили современные пыльцевые данные 102 поверхностных почвенных проб, отражающих состав современной растительности Монголии, что повысило достоверность реконструированных типов палеорастительности во времени.

Радиоуглеродное датирование органогенных позднечетвертичных отложений обеспечивает достоверность всех палеореконокструкций. Без надежной временной привязки в настоящее время невозможно проводить широкие корреляции изменений природных условий во времени и пространстве, выявлять их особенности и различия на разных территориях и общие закономерности процессов, происходивших в природе в прошлом.

Серии радиоуглеродных датировок донных осадков озер Монголии, полученные в Институте зоологии и ботаники АН ЭССР (г. Тарту) и Институте ботаники АН Лит. ССР (г. Вильнюс), приведены в табл. 1 Приложения к диссертации. Они позволили перейти к более точной корреляции стратиграфических уровней, выделенных по комплексу палеогеографических данных, и установить хронологическую последовательность изменений природной обстановки на заключительном этапе плейстоцена и в голоцене.

В основу подразделения позднеплейстоценовых и голоценовых осадков положена схема М.И. Нейштадта (1983), в соответствии с которой выделяются древний (12-10 тыс. лет назад), ранний (10-8 тыс. л. н.), средний (8-2.5 тыс. л. н.) и поздний голоцен (от 2.5 тыс. л.н. до настоящего времени). Схема Блитта-Сернандера, характеризующая изменения природной среды Западной Европы в голоцене, даже с уточнениями Н.А.Хотинского для Северной Евразии (1977), имеет ограниченное применение, как для Монголии, так и для Прибайкалья (Безрукова, 1999).

ГЛАВА 2. Природные условия территории исследований

В главе подробно рассматривается географическое положение Монголии, особенности геологического развития её территории, состав поверхностных отложений и современный рельеф. Особое внимание уделено современным климатическим условиям территории, её влаго- и теплообеспеченности, на формирование которых большое влияние оказывают устойчивый зимний Азиатский антициклон и муссонный характер распределения летних осадков. Сильное зимнее выхолаживание земной поверхности, малоснежность зим и муссонный характер выпадения осадков в свою очередь способствуют развитию интенсивных криогенных процессов, формированию многолетней мерзлоты и мозаичному распространению ее на 60% площади Монголии. Географическое положение, рельеф и высокий абсолютный уровень территории Монголии определяют резко континентальный аридный климат и особую структуру ее растительного покрова, в которой сложно сочетаются элементы широтной зональности и вертикальной поясности.

ГЛАВА 3. Гидрография территории Монголии

3.1. Гидрографическая сеть

Речная сеть наиболее развита в горах на севере и западе страны. Возникновение её связывается с влажными периодами начала–середины плейстоцена, а окончательное формирование относится к концу верхнего плейстоцена (Флоренсов, 1960). Мировой водораздел, проходящий по территории Монголии, делит ее на три макробассейна: бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов и Центрально-Азиатский внутренний бессточный. Центрально-Азиатский внутренний бессточный бассейн является наиболее крупным по занимаемой площади (65.6% территории страны), в нем формируется около 32% всего стока. К нему принадлежат реки, стекающие с Монгольского и Гобийского Алтая, западного и южного склонов Хангая.

К бассейну Северного Ледовитого океана (или р. Енисей) относятся реки, берущие начало в высокогорьях северного и восточного склонов Хангая и западных и юго-западных склонов Хэнтэя (р. Селенга с ее многочисленными притоками). В Дархатской котловине, на севере страны также расположен один из истоков р. Енисей – р. Шишхид. Площадь бассейна занимает 20.6% территории Монголии, здесь формируется 52.1% общего стока страны.

Наименьшую площадь (13.9% территории страны) имеет Тихоокеанский бассейн, в его пределах формируется 15.9% общего стока. К нему относятся реки Керулен, Онон, Ульдза, берущие начало в горах Хэнтэя, и р. Халх, истоки которой находятся в горах Большого Хингана (Лимнология..., 1994).

3.2. Распределение по территории и водный баланс озер Монголии

Характерным элементом природы Монголии являются озера, имеющие различное природное происхождение, и географическое распределение которых по территории страны обуславливают сложный рельеф и климат. Главным фактором, определяющим закономерности распределения озер по территории страны, является соотношение годового количества атмосферных осадков и суммы температур теплого периода. Это же соотношение послужило основой для выделения на территории страны ландшафтно-климатических областей: Алтайской горной, Хангайско-Хэнтэйской горной, Гобийской и Восточно-Монгольской степной (Мурзаев, 1952; Цэгмид, 1962). В среднегорных и высокогорных районах Алтайской и Хангайско-Хэнтэйской областей Монголии с положительным водным балансом (приходная часть преобладает над расходной) наиболее развита речная сеть и расположено 34% озер с разнообразными гидрологическими режимами. В равнинных степных и полупустынных районах Гобийской и Восточно-Монгольской степной областей, где расходная часть водного баланса преобладает над приходной, наименее развита речная сеть и сосредоточены 66% крупных и небольших бессточных и соленых озер (Севастьянов, Цэрэнсодном, 1994) (рис. 1).

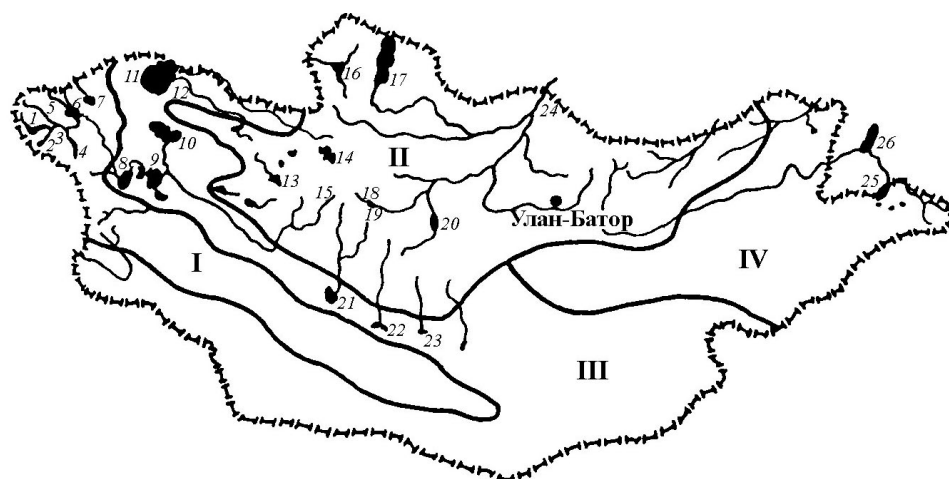


Рис. 1. Схема расположения ландшафтно-климатических областей и основных озер Монголии (по: Лимнология..., 1994).

Ландшафтно-климатические области: I – Алтайская горная, II – Хангайско-Хэнтэйская горная, III – Гобийская, IV – Восточно-Монгольская степная.

Озера: 1 – Хотон, 2 – Хоргон, 3 – Даян, 4 – Толбо, 5 – Дунд, 6 – Ачит, 7 – Урэг, 8 – Хара-Ус, 9 – Хара, 10 – Хяргас, 11 – Убс, 12 – Баян, 13 – Тэлмэн, 14 – Сангийн-Далай, 15 – Хух, 16 – Доод-Цаган, 17 – Хубсугул, 18 – Даба, 19 – Тэрхийн-Цаган, 20 – Угий, 21 – Бон-Цаган, 22 – Орог, 23 – Тацын-Цаган, 24 – Гун, 25 – Буйр, 26 – Далай-Нор.

Состояние водного баланса озер определяется разницей суммы фактических годовых осадков и величины испарения, которая в свою очередь зависит от суммы температур теплого периода. В аридных условиях большей части территории страны в расходной части водного баланса озер преобладает испарение с водной поверхности, что способствует аккумуляции солей в бессточных озерных котловинах и значительным вариациям ионного состава и общей минерализации вод. Первыми на изменения климата реагируют небольшие мелководные озера степной зоны. Колебания увлажненности в горах, особенно северной части Монголии, выражены не столь резко, как в менее приподнятых и более засушливых южных и восточных областях (Севастьянов, Цэрэнсодном, 1994).

3.3. Осадконакопление в озерах Монголии

Все озера являются накопительными системами, в которых происходит осаждение и накопление различного вида осадков: терригенных, хемогенных и органогенных. Соотношение этих видов осадков значительно варьирует в разнотипных озерах и в различных ландшафтно-климатических областях. Преобладающий тип донных осадков формируется в зависимости от геолого-географических факторов (состав горных пород, расчлененность рельефа, абсолютная высота, ландшафтная структура водосбора и др.), условий тепло- и влагообеспеченности озерных бассейнов, гидрохимических особенностей и биологической продуктивности водоемов.

Исследования условий осадконакопления и скорости седиментации в озерных котловинах Монголии показали существенные их различия в равнинных и горных водоемах. Чем выше в горах расположено озеро, тем интенсивнее процессы

физического выветривания и водно-ледниковой эрозии на водосборе озера и больше темпы осадконакопления в его котловине. В условиях высокогорий в озерном накоплении преобладает аллохтонное кластогенное вещество, которое поступает в озера с поверхностным и склоновым стоком, при этом отмечаются более значительные темпы озерной седиментации. Формирование аллохтонных биогенных осадков и высокие темпы их накопления происходят при наиболее благоприятных условиях влаго- и теплообеспеченности озерных бассейнов и при повышенной биологической продуктивности озерных экосистем. Средние скорости седиментации в большинстве горных озер Монголии колеблются в пределах 0.6-0.8 мм/год и позволяют определить современные и прошлые условия осадконакопления. Увеличению общего содержания органического вещества в озерных отложениях, повышению биологической продуктивности озер и наиболее высоким темпам накопления осадков (до 0.9-1.1 мм/год) в озерах Монгольского Алтая и Хангая способствовала возросшая в среднем голоцене увлажненность на фоне общего потепления климата. В озерах равнинных областей более высокие скорости осадконакопления связаны с периодами повышенной биопродуктивности озерных экосистем и преобладания аллохтонных биогенных осадков. Минимальные скорости (0.1-0.5 мм/год) седиментации указывают на холодные и засушливые климатические фазы развития природных условий в бассейнах, не способствовавшие формированию поверхностного стока и высокой биологической продуктивности озер. Резкие смены типов осадков и аномально малые значения скорости осадконакопления могут свидетельствовать о возможных перерывах или выносе части озерных отложений (Севастьянов, Дорофеев, Лийва, 1994).

3.4. Озера Монголии – объекты исследования

Описания исследуемых озер сгруппированы в соответствии с их принадлежностью к выделенным на территории Монголии макробассейнам и ландшафтно-климатическим областям. В разделе подробно рассматриваются местоположения озер, их происхождение, геологические и геоморфологические особенности их бассейнов, источники питания, современные морфометрические характеристики озер, климат и растительность районов исследования. Описания сопровождаются батиметрическими схемами, на которых также указаны местоположения точек бурения.

Озера Центрально-Азиатского внутреннего бессточного бассейна (ЦАБ)

Это наиболее крупный по площади водосборный бассейн Монголии, включающий две ландшафтные области – Алтайскую горную и Гобийскую (рис. 1).

Озера Алтайской горной области (Хотон, Даян, Данягийн-Хара, Толбо, Дунд) сосредоточены в высокогорном поясе Монгольского Алтая. По своему происхождению они связаны с древним и современным оледенением – это пресноводные и проточные озера. Лишь одно из исследованных озер (оз. Ачит) расположено в обширной тектонической внутригорной впадине Монгольского Алтая, но на более низком гипсометрическом уровне, чем выше перечисленные озера.

Образование озера связано, по-видимому, с поднятием внутривпадинной перемычки и подпруживанием рек, стекающих в котловину.

Гобийская область является бассейном внутреннего стока и изобилует конечными озерными бассейнами – реликтами древних более обширных водоемов. Несмотря на то, что Гобийская область отличается малым количеством осадков (около 150 мм в год), большой величиной испарения (900-1500 мм в год), слабо развитой речной сетью и малой расчлененностью рельефа, в северной ее части располагаются самые крупные и множество малых бессточных озер с сильно минерализованной водой. Этой области принадлежат две крупные озерные депрессии – Котловина Больших Озер и Долина Озер. Первая из них – одна из самых обширных бессточных впадин Центральной Азии, расположенная на западе Монголии. В ее центре находится система из двух крупных пресноводных озер Хара-Ус и Хара, описание и происхождение которых приведено в разделе.

Озера бассейна Северного Ледовитого океана (БСЛО)

К бассейну принадлежит почти вся Хангайско-Хэнтэйская горная область, включающая Дархатскую котловину (оз. Доод-Цаган, Цаган-Морьт), Прихубсугулье (оз. Хубсугул, Ямант), Центральный (оз. Цаган, Хух, Даба, Тэрхийн-Цаган, Худо, Ширэт), Северный и Восточный Хангай (оз. Урмийн-Цаган), Орхон-Селенгинское среднегорье (оз. Гун) и западные отроги Хэнтэя. Вся гидрографическая сеть бассейна является водосборным бассейном р. Енисей (рис. 1).

Озера Дархатской котловины и Прихубсугулья расположены в среднегорьях на севере Монголии и имеют тектоническое происхождение. В районе исследования широко распространены следы тектонической деятельности и плейстоценовых оледенений. Современные ледники отсутствуют, но повсеместно развита островная многолетняя мерзлота, как следствие суровых и малоснежных зим, и термокарстовые формы рельефа – эффект теплого лета.

В плювиальные эпохи плейстоцена значительная часть Дархатской котловины была занята обширным озерным водоемом, образование которого, возможно, связано с тектоническими процессами и подпруживанием долины р. Шишхид в плиоцен-раннечетвертичное время (Спиркин, 1970). В послеледниковое время размеры озера значительно сокращались, к концу верхнего плейстоцена – началу голоцена озеро было спущено, от него остались отдельные реликтовые озера, самое крупное из которых – оз. Доод-Цаган.

Самым крупным и глубоким пресноводным озером Монголии и вторым по величине (после оз. Байкал) Внутренней Азии является оз. Хубсугул. С оз. Байкал его связывают общее происхождение и приуроченность к байкальской рифтовой зоне, общая история развития и современный сток, осуществляемый из оз. Хубсугул через реки Эгийн и Селенгу.

Озера Хангайско-Хэнтэйской горной области расположены в основном в высокогорьях Хангая (оз. Цаган, Хух, Даба, Тэрхийн-Цаган, Худо, Ширэт), оз. Урмийн-Цаган – в его среднегорном поясе. Большая часть озер по своему происхождению принадлежит к гляциогенному типу, моренному подтипу и запрудной группе,

вулканическое запрудное происхождение имеет оз. Тэрхийн-Цаган и тектоническое – оз. Ширэт.

Озера Орхон-Селенгинского среднегорья немногочисленны и представлены в диссертации единственным оз. Гун, имеющим абсолютную отметку уровня 640 м. Современный рельеф его котловины сформировался в результате тектонических движений конца третичного – начала четвертичного периода. Происхождение озера неизвестно, но, по-видимому, его можно отнести к гидрогенному, или пойменному типу.

Озера бассейна Тихого океана (БТО)

Орографически БТО, или бассейн р. Амур, разделяется на две неравные части: Хангайско-Хэнтэйскую горную и равнинную Восточно-Монгольскую степную. Несмотря на достаточную увлажненность Хэнтэйских хребтов и развитую речную сеть, озер в Хэнтэе очень мало, в работе представлены данные одного из них (оз. Хангалын). Напротив, Восточно-Монгольская степная область характеризуется обилием небольших бессточных, солоноводных и периодически пересыхающих озер. Пресноводных озер в области немного, самое крупное из них – оз. Буйр.

Поздний плейстоцен и голоцен на этой территории отличался значительными колебаниями увлажненности и стока, о чем свидетельствуют озерные террасовые комплексы и древние ложбины стока, происхождение которых связано с преобразованием речной сети в процессе общей аридизации климата на протяжении голоцена (Николаева, Шувалов, 1985).

ГЛАВА 4. Диатомовая флора и экологическая структура диатомовых комплексов озерных танатоценозов

4.1. Краткая история исследования альгофлоры Монголии

Исследование флоры водорослей Монголии началось в начале прошлого века российскими учеными, изучившими состав фитопланктона и фитобентоса оз. Косогол (ныне Хубсугул). Их работы на оз. Хубсугул были продолжены после 50-летнего перерыва гидробиологами совместной экспедиции Монгольского и Иркутского государственных университетов, выявившими качественный и количественный состав фитопланктона озера, его межгодовую и сезонную динамику, а также закономерности распределения донной водорослевой растительности. Со второй половины прошлого столетия интенсивное гидробиологическое изучение озер различных физико-географических районов Монголии проводилось монгольскими учеными, которые получили новые сведения о видовом составе фитопланктона озер и отметили доминирование в нем диатомовых и зеленых водорослей.

В 70-80 гг. детальные продукционно-биологические исследования на 16 пресных и солоноватоводных наиболее крупных озерах страны проводились советскими и монгольскими гидробиологами – участниками Совместной Советско-Монгольской комплексной биологической экспедиции АН СССР и АН МНР. В эти же годы автор диссертации начал изучать состав альгофлоры донных осадков монгольских озер.

В конце прошлого столетия на территории Монголии начались интенсивные морфологические и таксономические исследования современных диатомовых

водорослей и их индикаторного значения при изучении качества вод американскими и монгольскими учеными. Ими же была проведена первая ревизия диатомовых водорослей Монголии в соответствии с современной, значительно изменившейся номенклатурой (Edlund et al., 2001), в результате которой список диатомовых водорослей включал 547 видовых таксонов, объединенных в 82 рода.

Большой фактический материал, накопленный за столетний период исследований альгофлоры Монголии, и кардинальные систематические и таксономические изменения, произошедшие за этот период, потребовали проведения ревизии всего состава флоры водорослей. Ревизия альгофлоры была осуществлена автором диссертации совместно с монгольским альгологом Д. Цэцэгмаа в 2002 г. в «Конспекте флоры водорослей Монголии». В нем опубликован систематический список из 1574 видов, разновидностей и форм водорослей Монголии, относящихся к 288 родам, 105 семействам, 45 порядкам, 15 классам и 10 отделам. Для каждого таксона водорослей приведены: современное видовое название, базионим и синонимы, литературные источники первоописаний и точки нахождения водорослей на территории Монголии. Опубликованный список альгофлоры Монголии постоянно пополняется вновь выявляемыми таксонами в связи с проведением новых исследований на новых водных объектах. Так, за последние 2-3 года автором выявлено около 80 новых для территории Монголии таксонов диатомовых водорослей из танатоценозов озер и болот (неопубликованные данные).

4.2. Таксономический состав диатомовой флоры донных осадков озер

Диатомовая флора исследованных автором донных осадков пресноводных и слабо минерализованных монгольских озер на настоящий момент включает 576 таксонов из 79 родов, 34 семейств, 16 порядков и 3 классов, что составляет 69% всей выявленной флоры диатомей Монголии. При составлении систематических списков диатомей, представленных в диссертации, использована классификация Round, Crawford, Mann (1990).

К классу центрических диатомей (Coscinodiscophyceae) относятся 7 родов, доля которых в общей флоре составляет 7.1%. Наиболее разнообразны роды *Cyclotella* (19 видов и разновидностей) и *Aulacoseira* (11 видов, форм и разновидностей).

На долю пеннатных диатомей, принадлежащих двум классам (Fragilariophyceae и Bacillariophyceae), приходится 92.9%. Первый включает 16 родов, второй – 56 родов, относящихся к 27 семействам и 9 порядкам. Порядок Naviculales отличается наибольшим числом входящих в него родов (21), из них более разнообразны: *Navicula* (50 таксонов), *Pinnularia* (29) и *Neidium* (16). Порядок Cymbellales представлен 12 родами, среди которых группа родов *Cymbella*, *Cymbopleura*, *Encyonema* и *Encyonopsis* состоит из 49 таксонов, а род *Gomphonema* включает 25 видов и внутривидовых таксонов. Остальные порядки этого класса представлены менее разнообразно. Следует отметить только порядок Bacillariales (в котором род *Nitzschia* представлен 34 таксонами) и порядки Thalassiophysales (*Amphora* – 22 таксона), Eunotiales (*Eunotia* – 21) и Surirellales (*Surirella* – 21).

Таблица 1. Таксономическая структура диатомовых водорослей озерных танатоценозов ландшафтных областей и макробассейнов Монголии

| Бассейны | Ландшафтные области | Озера | Классы | Порядки | Семейства | Роды | Виды | Виды и внутривидовые таксоны | % от общей флоры | |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------------------------|------------------|-------------|
| Центрально-Азиатский бессточный | Монгольский Алтай | Хотон | 3 | 15 | 30 | 66 | 247 | 295 | 51.2 | |
| | | Ачит | 3 | 14 | 29 | 61 | 189 | 224 | 38.9 | |
| | | Дунд | 3 | 13 | 25 | 51 | 120 | 136 | 23.6 | |
| | Всего | | | 3 | 15 | 32 | 70 | 303 | 371 | 64.4 |
| | Котловина Больших Озер | Хара-Ус | 3 | 13 | 26 | 52 | 132 | 149 | 25.9 | |
| | | Хара | 3 | 13 | 25 | 41 | 113 | 127 | 22.0 | |
| | | Тэлмэн | 3 | 11 | 22 | 29 | 63 | 63 | 10.9 | |
| | | Баян | 3 | 11 | 24 | 51 | 130 | 134 | 23.3 | |
| | Всего | | | 3 | 14 | 29 | 63 | 258 | 290 | 50.3 |
| | Всего во флоре бассейна | | | 3 | 16 | 33 | 75 | 382 | 466 | 80.9 |
| Северного Ледовитого океана | Дархатская котловина | Доод-Цаган | 3 | 15 | 29 | 63 | 192 | 224 | 38.9 | |
| | Прихубсугулье | Хубсугул | 3 | 15 | 25 | 57 | 160 | 186 | 32.3 | |
| | Хангайско-Хэнтэйская | Тэрхийн-Цаган | 3 | 15 | 28 | 64 | 214 | 261 | 45.3 | |
| | | Даба | 3 | 15 | 29 | 64 | 227 | 285 | 49.5 | |
| | | Худо | 3 | 12 | 23 | 51 | 135 | 154 | 26.7 | |
| | | Гун | 3 | 11 | 21 | 40 | 83 | 99 | 17.2 | |
| Всего | | | 3 | 15 | 30 | 68 | 298 | 380 | 66.0 | |
| Всего во флоре бассейна | | | 3 | 15 | 30 | 71 | 325 | 415 | 72.0 | |
| Тихого океана | Хэнтэй | Хангалын | 3 | 15 | 27 | 47 | 107 | 119 | 20.7 | |
| | Восточная равнина | Буйр | 3 | 16 | 31 | 66 | 180 | 211 | 36.6 | |
| Всего во флоре бассейна | | | 3 | 16 | 32 | 69 | 209 | 246 | 42.7 | |
| Всего во флоре танатоценозов | | | 3 | 16 | 34 | 79 | 458 | 576 | 100.0 | |

По богатству выявленной диатомовой флоры танатоценозов выделяется Центрально-Азиатский внутренний бессточный бассейн (466 таксонов – 80.9% всей флоры). Менее богаты видами бассейн Северного Ледовитого океана – 415 таксонов (72%) и бассейн Тихого океана – 246 таксонов (42.7%). Наибольшим таксономическим разнообразием выделяются флоры высокогорных озер (оз. Хотон, Даба), пресноводных проточных озер среднегорий (оз. Тэрхийн-Цаган, Ачит, Доод-Цаган) и равнин (оз. Буйр) (табл. 1).

4.3. Сравнительный анализ диатомовых флор танатоценозов озер

Проведение сравнительно-флористического анализа разновеликих и разнообразных многовидовых альгофлор озер весьма затруднительно, поскольку до настоящего времени не сложилась адекватная альгофлористическая методология, учитывающая особенности флор водорослей. Методы флористического анализа, принятые для анализа флор высших сосудистых растений и применяемые большинством альгологов-флористов, в наших исследованиях погребенных диатомовых флор могут иметь только ограниченное применение, поскольку возникает несколько трудно разрешимых проблем, связанных с полнотой изученности флоры и сохранностью в донных осадках всех видов диатомей, существовавших в озерах. В связи с этим автор ограничивает сравнение диатомовых флор танатоценозов коэффициентом общности (коэффициент Жаккара), рассчитанным в программе BioDiversity (рис. 2 а-в).

Сравнение альгофлор макробассейнов (рис. 2а) обнаруживает большее сходство флор ЦАБ и БСЛО (57.5%) и большее различие флор ЦАБ и БТО (41.4%).

Сравнение диатомовых флор ландшафтных областей (рис. 2б) показывает наибольшее сходство флор горных водоемов Монгольского Алтая и Хангайско-Хэнтэйской области (61.2%) и близость к ним флор Дархатской котловины и Прихубсугуля. Отличны от всех флоры Восточного Хэнтэя (коэффициент сходства 29.6-44.1%), Котловины Больших Озер (32.4-44.2%) и Восточно-Монгольской степной равнины (34.1-42.2%).

Наибольшим сходством флор отличается группа высокогорных и среднегорных озер (рис. 2в), образующих первый кластер (Хотон, Даба, Дод-Цаган и Тэрхийн-Цаган), коэффициенты сходства которых оставляют 55-56%. К ним близка флора оз. Хубсугул. Невысокое сходство с другими флорами обнаруживают оз. Гун, Тэлмэн и Баян. Их диатомовые флоры малочисленны и своеобразны: из 63 таксонов диатомей, выявленных в оз. Тэлмэн, 16 зарегистрированы только в этом озере, 42 таксона отмечены только в оз. Баян и 5 – только в оз. Гун.

Общими в таксономических списках всех изученных озер являются 7 видов диатомей с оценками обилия от «единично» (обилие <1%) до «доминант» (>10%): *Amphora lybica*, *A. pediculus*, *Epithemia adnata*, *Navicula oblonga*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Rhopalodia gibba*. Наиболее широко распространены и отмечены в осадках большинства озер 82 вида водорослей, единичные находки 217 таксонов зарегистрированы только в одном из озер.

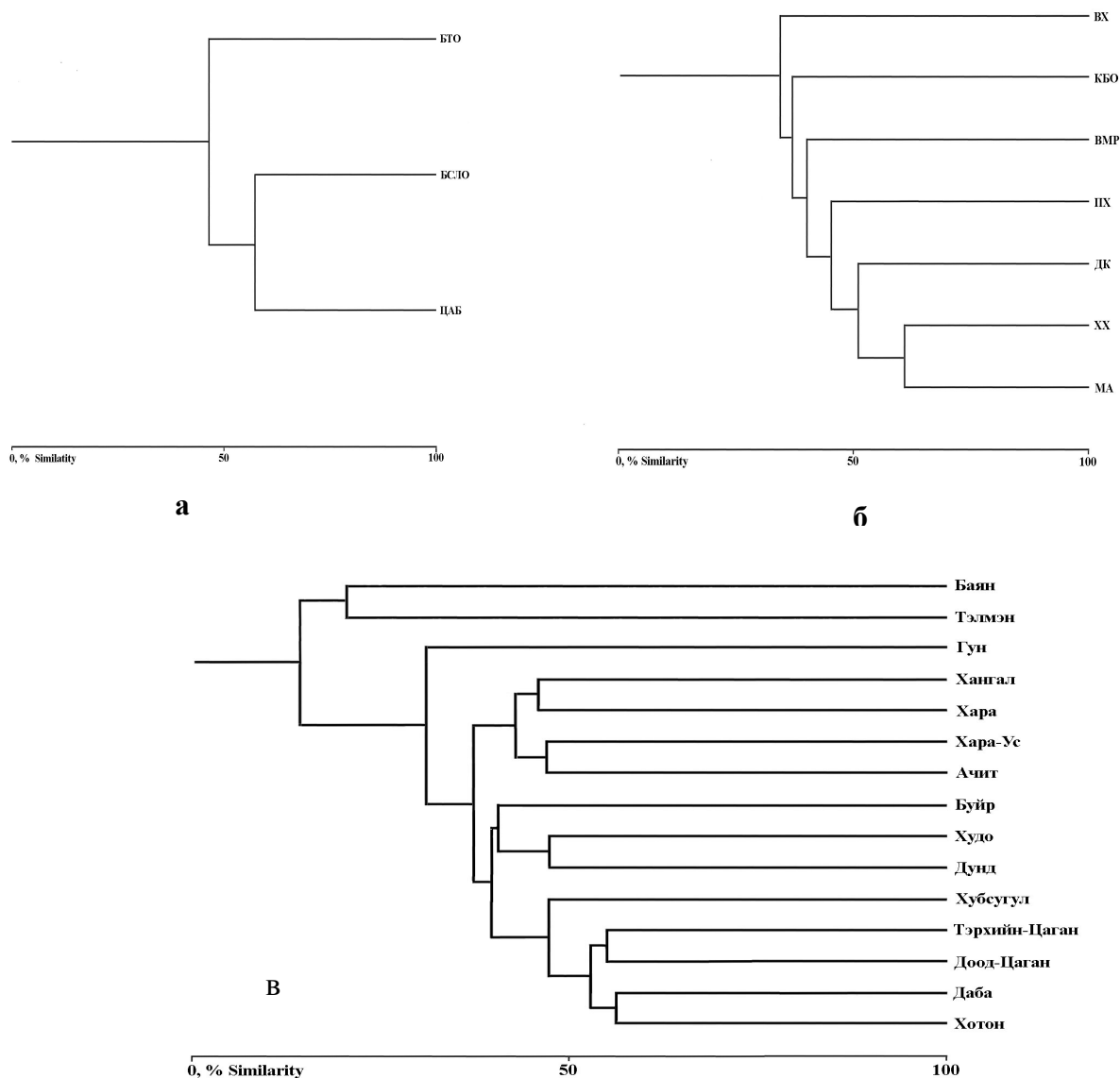


Рис. 2. Дендрограммы сходства таксономического состава диатомовых флор танатоценозов озер Монголии, принадлежащих: *а* – макробассейнам: ЦАБ – Центрально-Азиатский внутренний бессточный, БСЛО – бассейн Северного Ледовитого океана, БТО – бассейн Тихого океана; *б* – ландшафтно-климатическим областям: ВХ – Восточного Хэнтэя, КБО – Котловины Больших Озер, ВМР – Восточно-Монгольской степной равнины, ПХ – Прихубсугулья, ДК – Дархатской котловины, ХХО – Хангайско-Хэнтэйской горной области, МА – Монгольского Алтая; *в* – танатоценозов озер.

4.4. Эколого-географические группы диатомовых водорослей

Несмотря на большое количество существующих систем, группирующих водоросли по их отношению к разным условиям среды обитания (в основном к свойствам воды), выделяемые экологические группы достаточно условны. С одной стороны, это объясняется разными взглядами авторов систем на экологию одного и того же таксона, с другой – способностью многих видов существовать в широком диапазоне сред. При этом в каждой экологической группе имеются виды с неясной экологией. Интерпретация данных диатомового анализа требует большой осторожности, использования качественных и количественных методов исследования различных факторов, влияющих

на распределение диатомовых водорослей в озерах, и корреляции данных диатомового анализа с данными других видов анализов (Wolin, Duthie, 2001).

В палеолимнологических исследованиях для определения прошлых уровней озер часто используется распределение диатомей на группы по **жизненным формам** (Wolin, Duthie, 2001) или приуроченности их к разным местам обитания: планктону, бентосу и перифитону. По отношению к солености вод диатомей разделяются на группы (Kolbe, 1927; Hustedt, 1937-39): *галофобов*, предпочитающих для своего развития воды с содержанием солей до 0.2 ‰; *индифферентов*, предпочитающих воды с содержанием солей 0.2-0.3 ‰; *галофилов*, предпочитающих воды с соленостью 0.4-0.5 ‰; *мезогалобов*, или солонатоводных видов, обильно развивающихся при содержании солей в водах более 0.5 ‰. По отношению к pH водной среды выделяются группы диатомей (Hustedt, 1937-1939): *ацидофилов*, преимущественно развивающихся в кислых средах с pH <7, *циркумнейтральных*, предпочитающих среду с pH, близким к 7; *алкалифилов*, предпочитающих щелочную среду (pH >7); *алкалибионтов*, развивающиеся только в щелочной среде (pH >7). **Биогеографические элементы флор** достаточно условно выделяются по отношению диатомей к температурным условиям вод. Водоросли разделяются на: арктоальпийские (относительно холодноводные), бореальные (относительно тепловодные) и космополитные (развивающиеся при широкой температурной амплитуде от 10 до 40°C).

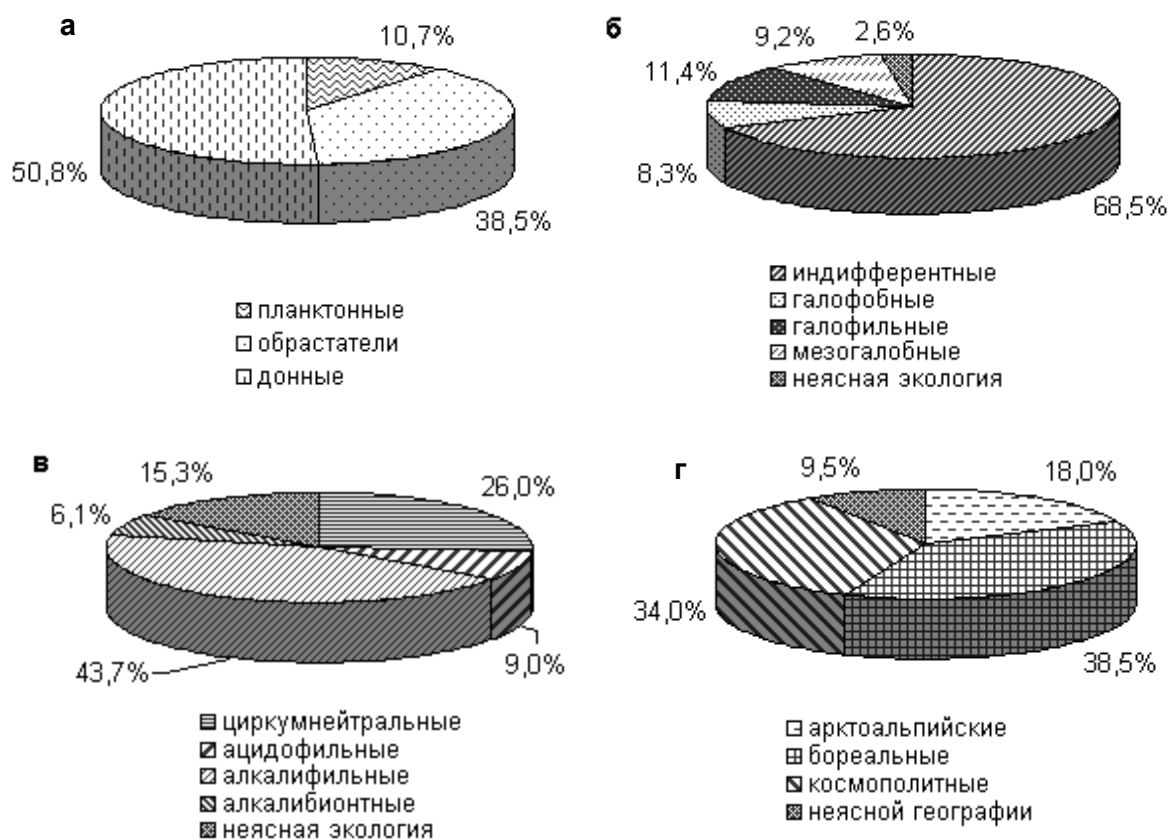


Рис. 3. Экологическая структура диатомовой флоры танатоценозов озер Монголии: **а** – по приуроченности водорослей к местообитаниям; **б** – по отношению к солености вод; **в** – по отношению к pH вод; **г** – географические элементы флоры.

Экологическая структура диатомовой флоры танатоценозов исследованных озер Монголии, выделенная по таксономическому составу (рис. 3), характеризуется преобладанием донных форм (50.8%) и видов-обрастателей (38.5%), индифферентных по отношению к солености вод (68%), алкалифильных и алкалибионтных форм (49.8%), бореальных (38.5%) и космополитных (34%) элементов флоры.

Соотношение элементов экологической структуры флор макробассейнов и ландшафтно-климатических областей различно, но изменяется в небольших пределах: донные виды – 40.9-52.1%, виды-обрастатели – 36.9-47.3%, индифферентные виды – 64.1-77.4%, алкалифильные и алкалибионтные формы – 53.4-67.7%, бореальные элементы – 36.9-43.5%, космополитные – 35.2-43.1%. Арктоальпийские элементы флоры присутствуют во всех региональных флорах (9-20.2%), но доля их участия находится в зависимости от высотного местоположения водоемов: 16.5-20.2% – в горных областях и 9-9.7% – в равнинных водоемах.

Диатомовая флора озерных танатоценозов Монголии по своим характеристикам (составу и структуре экологических групп) представляет собой флору умеренно континентального типа, характерную для Палеарктики в целом.

ГЛАВА 5. Вертикальное распределение и динамика диатомовых комплексов в конце позднего плейстоцена и в голоцене

Свойство озер накапливать в течение длительного периода геологического времени осадочные толщи, содержащие богатейшую информацию об эволюции флоры, фауны и окружающих ландшафтов, используется в палеогеографии для изучения природных тенденций развития озерных экосистем, ландшафтной структуры и климата территорий во времени и пространстве. История развития внутренних котловин и водных экосистем Монголии в позднечетвертичное время чрезвычайно своеобразна и дает возможность выявить динамику различных процессов во внутренних районах Азии.

В главе изложен фактический материал комплексного изучения 12 буровых колонок донных осадков озер Монголии, в лучшей степени обеспеченных радиоуглеродными датировками, или коррелирующих с близлежащими датированными разрезами. В разделах главы (5.1-5.3) представлены литологический состав, данные радиоуглеродного датирования, альгологического и диатомового анализов колонок осадков озер трех макробассейнов и почти всех ландшафтно-климатических областей страны. Подробно рассмотрены диатомовая флора и экологическая структура диатомовых комплексов, своеобразные для каждого из изученных озер, выделены характерные доминирующие группы диатомей, их вертикальное распределение и соответственно динамика во времени. Полученные результаты представлены в большой серии таблиц и диаграмм.

Проведенная интерпретация данных диатомового анализа танатоценозов и их внутрирегиональная корреляция позволили автору восстановить условия осадконакопления, изменения уровней озер и экологических условий в озерах и их водосборных бассейнах в конце позднего плейстоцена и в голоцене, а также выявить локальные, региональные и глобальные закономерности развития озер и их биот.

ГЛАВА 6. Уровни озер Монголии и климат позднего плейстоцена и голоцена

Для достоверной палеоклиматической интерпретации данных о прошлых изменениях водного баланса и климата необходимы их обобщение и анализ в масштабе крупного региона или континента за достаточно длительные промежутки времени. Такими обобщениями служат базы данных по состоянию уровней озер, разработанные по единым методическим принципам отбора и анализа первичной информации и схеме кодирования и стандартизации уровней и облегчающие сравнительный анализ истории отдельных водоемов между собой (Street-Perrott et al., 1989; Yu, Harrison, 1995).

Подобная единая и хорошо документированная база данных по состоянию уровней озер в послеледниковое–голоценовое время была создана для Северной Евразии – Lake Status Records from Soviet Union and Mongolia (FSUDB) (Tarasov et al., 1994, 1996). В неё вошли все обработанные автором монгольские озера, отвечавшие основным требованиям, предъявляемым к архивируемым палеогеографическим материалам: надежность датирования, достоверность реконструкций, определяемая использованием при анализе комплексного метода, и климатическая обусловленность реконструируемых изменений.

Данные по относительным уровням озер, включенных в FSUDB, подвергались кодированию или стандартизации (Street-Perrott et al., 1989), позволяющей любое количество выделенных градаций свести к трем основным категориям состояния уровня: «низкий», «средний» и «высокий».

Хронология материалов из Монголии, вошедших в базу, строилась на радиоуглеродных датировках отложений озер, которые подвергались оценке качества датирования того или иного хроносреза по схемам (Webb, 1995), использованным в ряде международных проектов по картированию палеогеографических событий позднего плейстоцена и голоцена.

Стандартизация относительных уровней озер в FSUDB позволила составить серию карт, иллюстрирующую распределение озер с высокими, средними и низкими уровнями по 1000-летним хроносрезам за последние 13000 лет (рис. 4). Анализ карт и всех имеющихся материалов показывает значительную изменчивость уровней озер северной части Монголии и асинхронность колебаний уровней озер горных и равнинных территорий в прошлом. Несмотря на все различия, имеется ряд общих моментов в истории развития водоемов. В основании колонок большинства озер залегают серо-голубые глины, сформировавшиеся в конце позднего плейстоцена и предполагающие относительно высокие уровни озер (Виппер и др., 1978, 1989; Tarasov et al., 1994; 1996). После трансгрессивной фазы в конце позднего плейстоцена большинство озер Монголии испытали наиболее значительное обмеление в раннем голоцене, особенно проявившееся около 9500 лет назад.

После раннеголоценового снижения уровней озер обводненность озерных котловин начала повышаться с 8000 лет назад. Большинство озер достигло максимальных уровней в первой половине среднего голоцена, около 7500-7000 лет назад. После 7000 л. н. началось постепенное и асинхронное снижение уровней. Особенно ярко асинхронность фаз увлажненности проявляется в высокогорьях и на равнине.

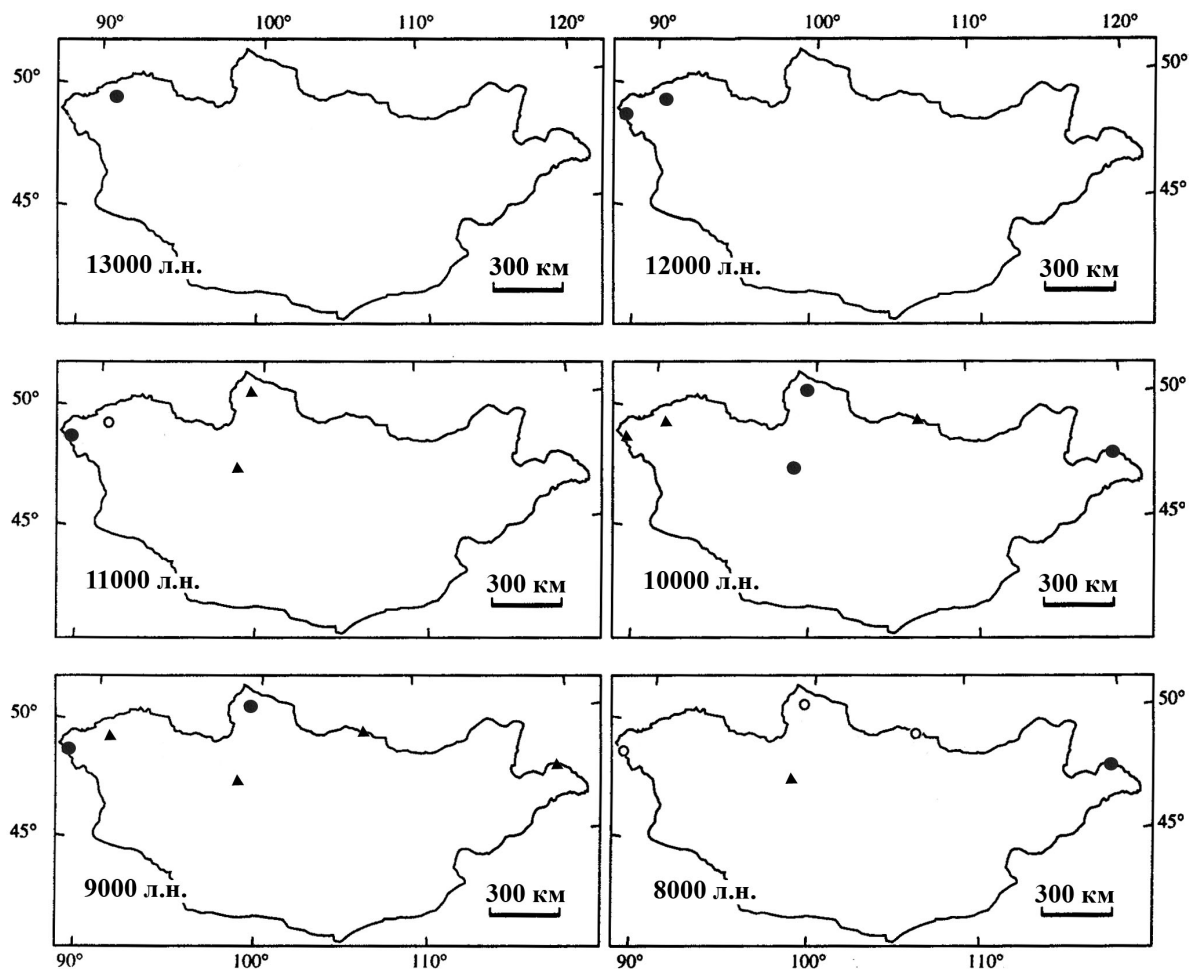


Рис. 4. Карты-схемы состояния уровней озер Монголии в позднем плейстоцене и голоцене по 1000-летним хроносрезам (по: Tarasov et al., 1996) (продолжение на следующей странице).

Вторая половина среднего голоцена, судя по уровням озер, характеризуется более сухими условиями. Большинство монгольских озер показывают все более и более засушливые условия после 6000 лет назад. Так, в Котловине Больших Озер уровни упали между 6000 и 5000 лет назад (Harrison et al., 1996; Tarasov, Harrison, 1998; Grunert et al., 2000; Fowell et al., 2003).

Озера северной, центральной и восточной частей Монголии имели уровни, близкие к современным, начиная приблизительно с 5000-4500 лет назад (Севастьянов и др., 1994а; Tarasov et al., 1996, 2000b; Дорофеюк, Тарасов, 1998). В заключительной фазе среднего голоцена (интервал 4000-3000 л. н.) уровни озер значительно понизились, но также асинхронно. Самые низкие уровни озер Убсунурского бассейна (КБО) зафиксированы около 3000 л. н. (Walther, 1999; Grunert et al., 2000). На рубеже среднего и позднего голоцена (3000-2000 л. н.) выявляется временное возвращение озер к более высоким уровням. Начиная с 2000 лет назад, во всех озерах Монголии гидрологические условия приблизились к современным.

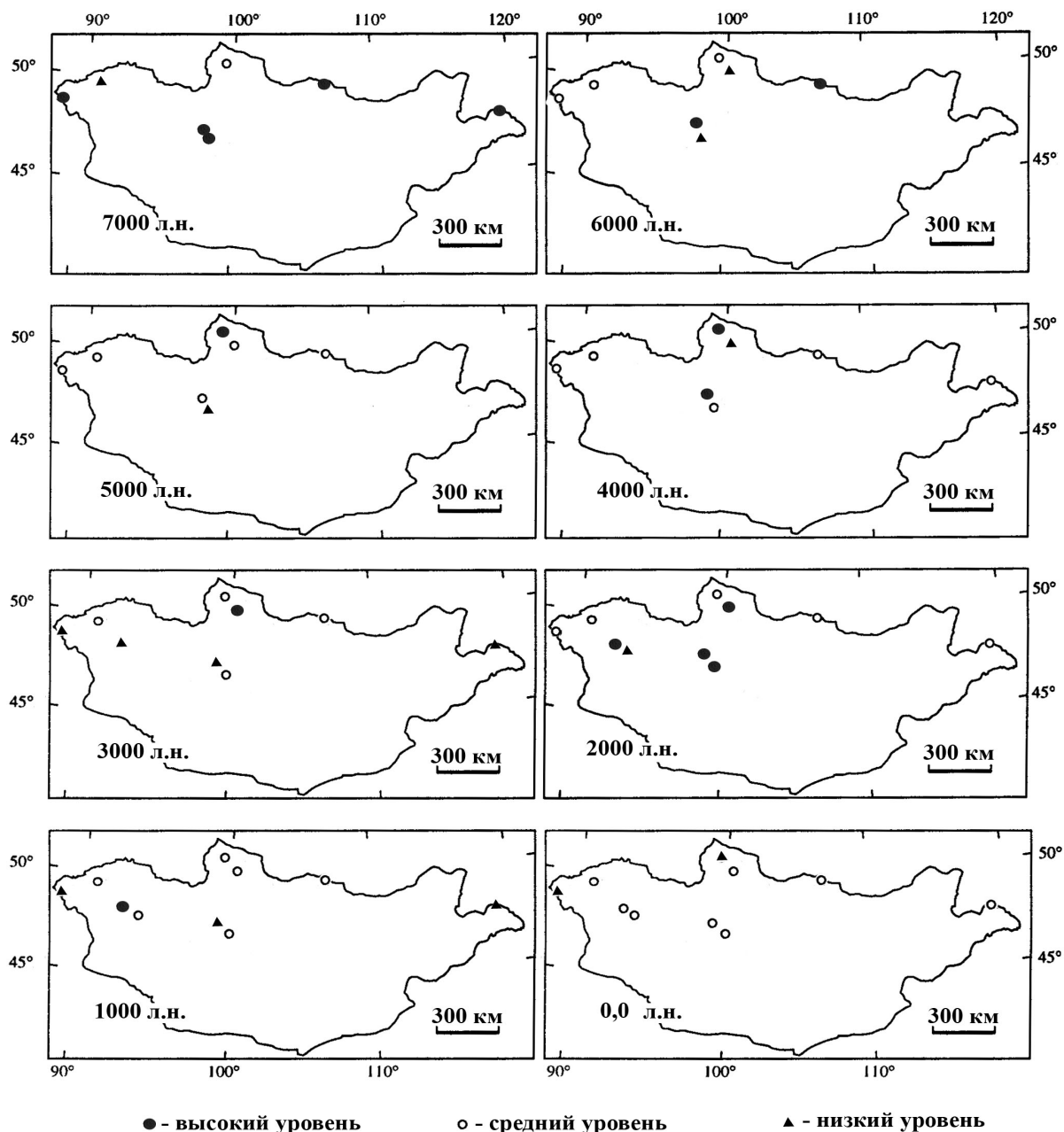


Рис. 4 (продолжение). Карты-схемы состояния уровней озер Монголии в позднем плейстоцене и голоцене по 1000-летним хроносрезам (по: Tarasov et al., 1996).

Одной из основных целей создания базы данных (FSUDB) было её дальнейшее использование для реконструкции палеоклиматических изменений позднего плейстоцена и голоцена. Большинство монгольских озер, представленных в FSUDB, сконцентрированы в лесостепном поясе западной, северной и центральной частей страны, наиболее чувствительном к изменениям влагообеспеченности климата. Эти регионы тектонически стабильны, а хозяйственная деятельность не оказала значительного влияния на озера до XX века. Это позволяет утверждать, что восстановленные изменения водного баланса страны имели климатическое происхождение.

Палеоклиматические реконструкции и модели прошлых климатических изменений, проведенные с учетом знаний современной климатической обстановки Северной Евразии и вероятных последствий изменения глобального климата, продемонстрировали существование синхронных региональных изменений атмосферной циркуляции, определяемых в значительной степени взаимодействием западного переноса воздушных масс и азиатского (тихоокеанского) муссона (Harrison et al., 1996; Tarasov, Harrison, 1998; Tarasov et al., 2000b). Наиболее вероятными причинами, вызывавшими изменения природной среды Монголии, являются: (1) укрепление летнего муссона, связанное с повышенной инсоляцией, и западного переноса, обеспечивающих влажность азиатских внутренних территорий и (2) сдвиг полярного фронта к югу от его современного положения в северной Монголии. Однако детальное объяснение механизма и движущих сил изменения климата и природы Монголии в позднем плейстоцене и голоцене требует проведения специальных исследований и нуждается в дополнительных данных (Tarasov et al., 2000b).

Моделирование атмосферной циркуляции указывает на более влажные условия и высокие уровни озер по сравнению с настоящим временем в конце позднего плейстоцена (13000-12000 л. н.) (рис. 4). В течение раннего голоцена (около 9500 л. н.) условия были более сухими, чем сегодня. Наиболее влажная фаза и повышенные уровни большинства озер отмечаются в первой половине среднего голоцена (приблизительно 7500-6500 л. н.), что может быть связано с усилением муссонной циркуляции за счет увеличения температурных и барических градиентов между прохладным океаном и более прогретой сушей (Tarasov, Harrison, 1998).

Климат второй половины среднего голоцена постепенно становился засушливее по сравнению с современным. Об этом свидетельствует асинхронное и медленное снижение уровней озер, которое началось после 6000 л. н. и продолжалось приблизительно до 3000 л. н. (Tarasov et al., 2000b). Условия, близкие к современным, устанавливаются в Монголии после 6000 л. н., приблизительно 5000-4500 л. н., что связано с уменьшением летней инсоляции, понижением температур, ослаблением муссонных ветров и осадков (Winkler, Wang, 1993; Harrison et al., 1996; Tarasov, Harrison, 1998).

Начало позднего голоцена (2500-2000 л. н.) характеризуется более влажными, чем сегодня, условиями. Большинство озер Монголии в этот период восстанавливают высокие уровни. Это повышение влажности сопровождается понижением температур. После 2000 л. н. природные условия на территории Монголии постепенно приближаются к современным.

Таким образом, восстановление позднечетвертичных уровней озер Монголии на основе региональных изменений их водных балансов и использование этих данных для реконструкции палеоклиматов позволило установить обусловленность влагообеспеченности территории страны глобальными изменениями атмосферной циркуляции конца плейстоцена и голоцена в Евразии.

ГЛАВА 7. История развития растительности Монголии в конце позднего плейстоцена и в голоцене

7.1. Краткий обзор палинологических исследований в Монголии

Изучение истории развития растительности крупных регионов позволяет выявить изменения климата и закономерности пространственного распределения растительного покрова в прошлом, а также прогнозировать тенденции дальнейшего развития природы исследуемых территорий. Значительный вклад в исследования позднечетвертичной растительности и природных условий Монголии был сделан российскими учеными (Гитерман и др., 1968; Виппер и др., 1976, 1978, 1981, 1989; Голубева, 1976, 1978; Савина, Буренина, 1981; Савина и др., 1981; Метельцева, 1983; Девяткин и др., 1989; Динесман и др., 1989; Севастьянов и др., 1994а; Чернова, Дирксен, 1995; Дорофеюк, Тарасов, 1998, 2000; Tarasov et al., 1998, 1999, 2000, 2004; Gunin et al., 1999 и др.), которые восстановили региональные изменения растительности и климата Монголии на основе палеоботанического изучения различных объектов – донных осадков озер, почв, аллювиальных отложений, макроостатков погребенной древесины и т. д.

Результаты реконструкций истории растительности послеледниковья и голоцена этих авторов касаются отдельных регионов Монголии, а методы анализа и анализируемые отложения значительно отличаются друг от друга. Анализ публикаций выявил несколько проблем, затрудняющих сравнение результатов разных авторов: 1) отсутствие в большинстве работ объективных критериев, используемых для реконструкции; 2) различия в интерпретации одних и тех же палинологических материалов. Такое положение обусловлено как фрагментарностью имевшихся палеоботанических данных или недостаточным их количеством, так и отсутствием радиоуглеродных датировок (Дорофеюк, Тарасов, 2000).

Тем не менее, к настоящему времени именно палинологические данные с территории Монголии внесли наибольший вклад в изучение истории растительности страны. Самым продуктивным стал палинологический анализ отложений пресных озер – благодаря более или менее непрерывному осадконакоплению и присутствию в донных осадках достаточного для датирования количества органики.

7.2. Современные спорово-пыльцевые спектры (СПС) и проблемы интерпретации

Теоретическим обоснованием для проведения региональных реконструкций растительности и климата по фоссильным спорово-пыльцевым спектрам (СПС) служит положение о соответствии состава поверхностных СПС зональному распределению современной растительности (Peterson, 1993).

В разделе обсуждаются проблемы, затрудняющие объективную интерпретацию результатов спорово-пыльцевого анализа. Они связаны с сохранностью некоторых видов пыльцы в разнотипных отложениях Монголии, с дальним переносом и переотложением пыльцы и спор из более ранних отложений. Для избежания искажений результатов спорово-пыльцевого анализа в работе учитывались основные

закономерности, установленные при анализе спектров с территории Северной Азии и Монголии (Tarasov et al., 1998):

– Содержание древесной пыльцы в поверхностных спорово-пыльцевых спектрах из лесных ассоциаций превышает 50% (Малаева, 1989а). В спектрах из степных районов ее содержание менее 50%, в сухостепных и пустынных спектрах – около 10% (Мальгина, 1971).

– Расстояния, на которые разносится пыльца древесных пород, сильно варьируют от таксона к таксону (Сладков, 1967) от нескольких сотен метров (*Larix*) до сотен километров: 250-300 км (*Betula, Alnus*), до 500 км (*Picea*) и до 1000 км (*Pinus*).

– Пыльца *Larix*, легко разрушающаяся при фоссилизации, разносится от дерева-производителя всего на 200-350 м (Савина, Буренина, 1981), поэтому присутствие даже единичных зерен лиственницы в озерно-болотных или аллювиальных отложениях может свидетельствовать в пользу ее местного происхождения. Аналогичное заключение справедливо и в отношении пыльцы *Salix* (Сладков, 1967).

– Присутствие пыльцы *Picea* и *Abies* в количествах, превышающих 5% от общей суммы пыльцы в спектре, можно считать надежным показателем произрастания еловых и пихтовых лесов в непосредственной близости от места отбора проб.

– Пыльца *Pinus*, разносящаяся до 1000 км от мест её произрастания, довольно часто присутствует в спектрах высокогорных альпийских лугов, тундр и кобрезиевников, куда она попадает в результате заноса восходящими воздушными потоками (Малаева, 1989а; Чернова, Дирксен, 1995). Незначительное (менее 5%) присутствие ее в сухостепных спектрах также можно считать следствием ветрового заноса.

Была проведена методическая работа, позволившая повысить достоверность реконструируемых типов палеорастительности во времени. Результаты анализа репрезентативного набора поверхностных СПС с территории Монголии показали хорошее соответствие составов поверхностных СПС и естественной растительности (в 83% всех поверхностных СПС современная растительность реконструирована верно). На этом материале был протестирован метод «биомизации» (Prentice et al., 1996), адаптированный к внутриконтинентальным условиям Азии (Tarasov et al., 1998). Был расширен и уточнен первоначальный список функциональных типов растительности и таксонов (Prentice et al., 1996) с учетом их современной экологии и биогеографии (Юнатов, 1950; Грубов, 1955, 1982; Губанов, 1996), что значительно повысило надежность реконструкции растительности и позволило более уверенно разделять тундровые и лесные, степные и пустынные спектры.

7.3. Фоссильные спорово-пыльцевые спектры и погребенные макроостатки древесины

Материалом для реконструкции растительного покрова Монголии в позднем плейстоцене и голоцене послужили результаты палинологического анализа 26 датированных радиоуглеродом (^{14}C) разрезов донных осадков 20 озер Монголии,

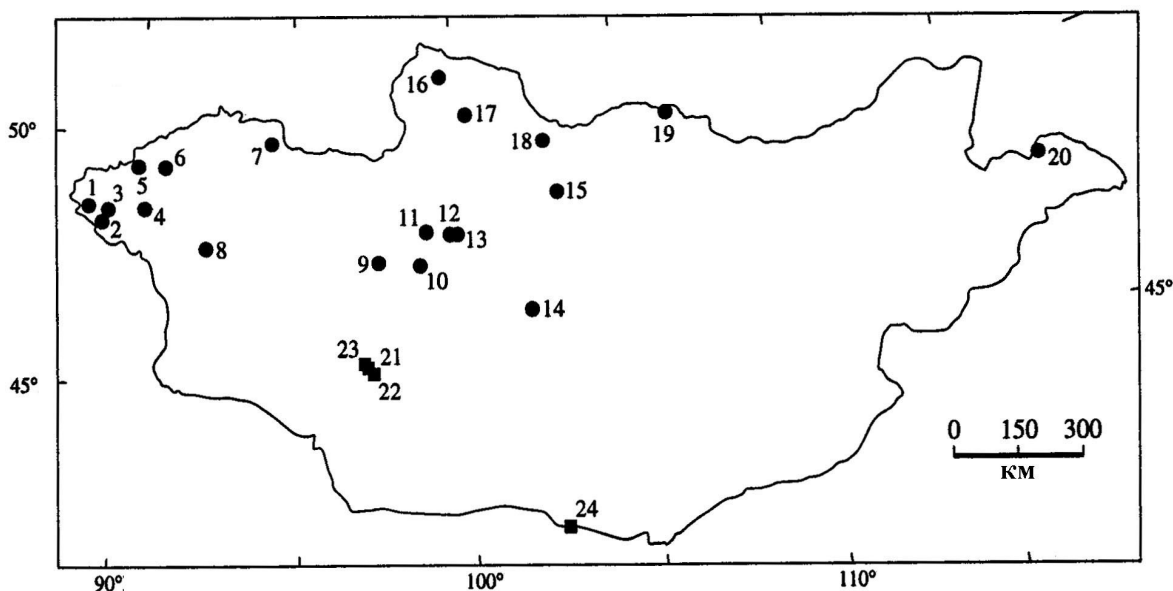


Рис. 5. Местоположение датированных разрезов донных осадков озер, изученных палинологическим методом (кружки), и точек отбора погребенной древесины (квадратики). (На всех последующих рисунках номера разрезов соответствуют приводимым ниже).

1 – оз. Хотон, 2 – оз. Даян, 3 – оз. Данягийн-Хара, 4 – оз. Толбо, 5 – оз. Дунд, 6 – оз. Ачит, 7 – разрез Хойт-Гол, 8 – оз. Хара, 9 – оз. Цаган, 10 – оз. Хух, 11 – оз. Даба, 12 – оз. Тэрхийн-Цаган, 13 – оз. Худо, 14 – оз. Ширэт, 15 – оз. Урмийн-Цаган, 16 – оз. Доод-Цаган, 17 – оз. Хубсугул, 18 – Ямант, 19 – оз. Гун, 20 – оз. Буйр, 21 – ур. Баян-Сайр, 22 – Цахир-Халгын-Нуруу, 23 – Уэрт-Ам, 24 – Суджийн-Худук.

отобранных и обработанных по единой методике с использованием метода «биомизации» (рис. 5). Результаты анализа опубликованы (Виппер и др., 1975, 1976, 1981); Севастьянов, Дорофеюк, 1992; Севастьянов и др., 1994а; Дорофеюк, Тарасов, 1998, 2000; Gunin et al., 1999; Tarasov et al., 2000, 2004; и др.) и включены в Европейскую пыльцевую базу данных (EPD) (<http://www.paleosciencedata.net/pollen/search/>). Данные по определению и датированию погребенных остатков древесины пихты, ели, лиственницы и саксаула (Динесман и др., 1989) из точек, расположенных на юго-западе (Гобийский Алтай) и юге (Алашаньская Гоби) Монголии (рис. 5), позволили оценить изменения ареалов этих пород в позднем голоцене и дополнить информацию о динамике монгольской растительности.

Региональные тенденции изменения растительности, начиная с максимума последнего оледенения, описываются в работе для Западной, Центральной, Северной и Юго-западной Монголии (Гобийский Алтай) и равнинных территорий страны (Котловина Больших Озер, равнины Восточной и Южной Монголии – Алашаньская Гоби).

7.4. Реконструкция позднечетвертичной растительности Монголии

Реконструкция растительности Монголии, выполненная по палеоботаническим данным с использованием метода «биомизации», позволила построить карты пространственного распределения основных (доминирующих) типов монгольской растительности для 12 ключевых временных срезов, начиная с 15000 лет назад и до

настоящего времени (рис. 6). Анализ карт показал мозаичность позднечетвертичного растительного покрова Монголии, обусловленную сложным рельефом территории страны, и доминирование степной растительности в послеледниковье и в голоцене.

Анализ пыльцевых данных колонок донных отложений озер западных, центральных и северных районов Монголии и карт реконструированных типов растительности (рис. 6) показывает, что в послеледниковье (между 15000 и 11000 л. н.) господствовала безлесная растительность с преобладанием степных (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Рoaceae*) сообществ на более низких абсолютных отметках и тундровых (*Сурегaceae*, кустарничковых форм *Betula* и *Alnus*) элементов – на отметках выше 2000 м над ур. м.

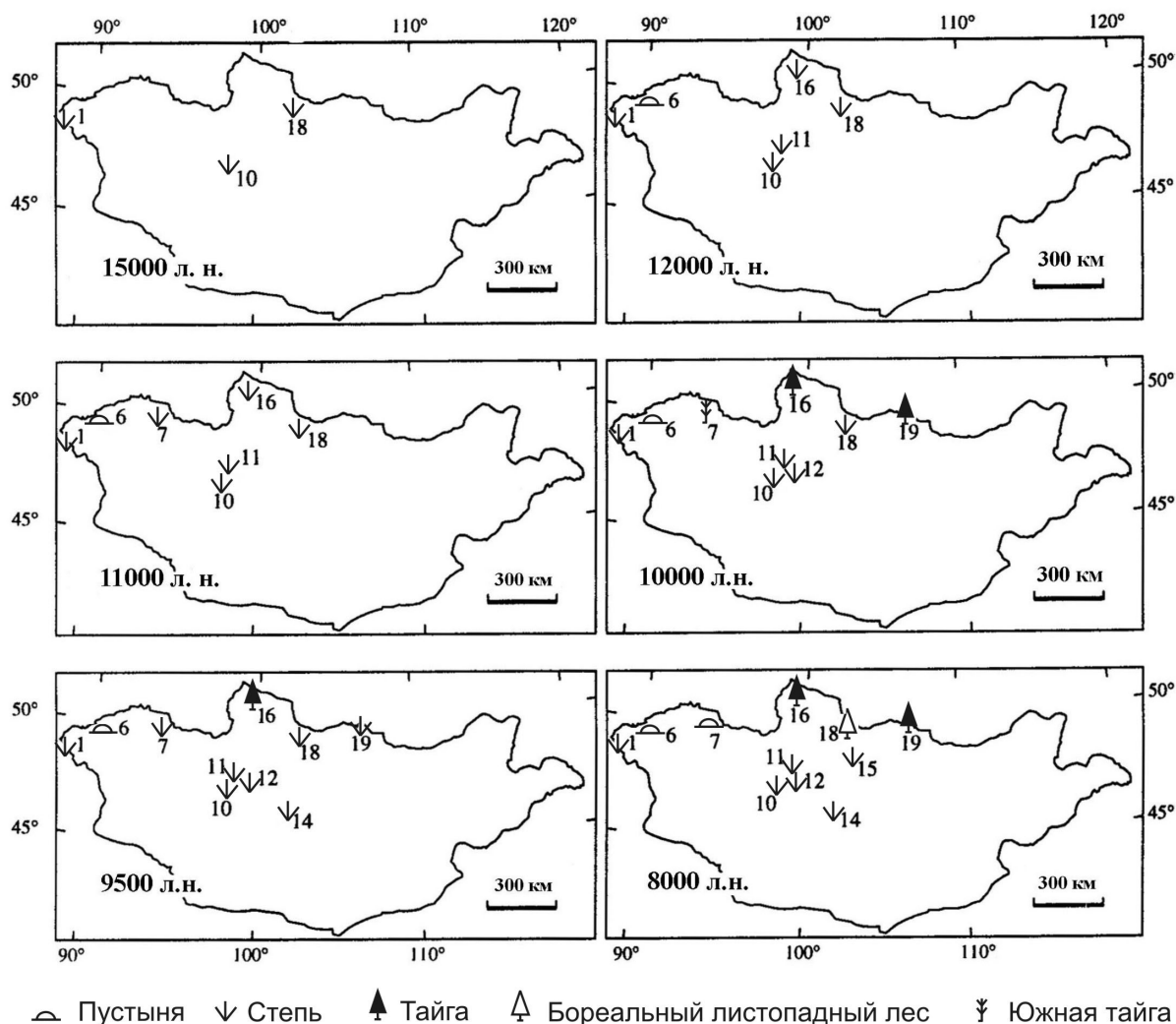


Рис. 6. Распределение доминирующих типов растительности Монголии 15000, 12000, 11000, 10000, 9500 и 8000 л. н., реконструированных по фоссильным СПС. (Продолжение на следующей странице).

Начиная с 12000 л. н., пустынный тип растительности был реконструирован в межгорной котловине бассейна оз. Ачит, где современная растительность – сухая степь.

Около 10000 л. н. сообщества таежного типа потеснили степь в окрестностях двух наиболее северных разрезов (рис.6, точки 16 и 19). Растительность на западе и в центре страны не претерпела изменений. Фаза облесения в этих точках оказалась довольно кратковременной. Уже 9500 л. н. степная и пустынная растительность вновь

доминировала на северо-западе Монголии. Даже в 8000 л. н. облесенность, по-видимому, еще не достигала современного уровня, тайга и бореальные листопадные леса были реконструированы в очень ограниченной области на самом севере страны (рис. 6, т. 16, 18, 19). В то же время степь доминировала на большей части территории страны, а пустыни продолжали существовать в обширной депрессии на северо-западе Монголии.

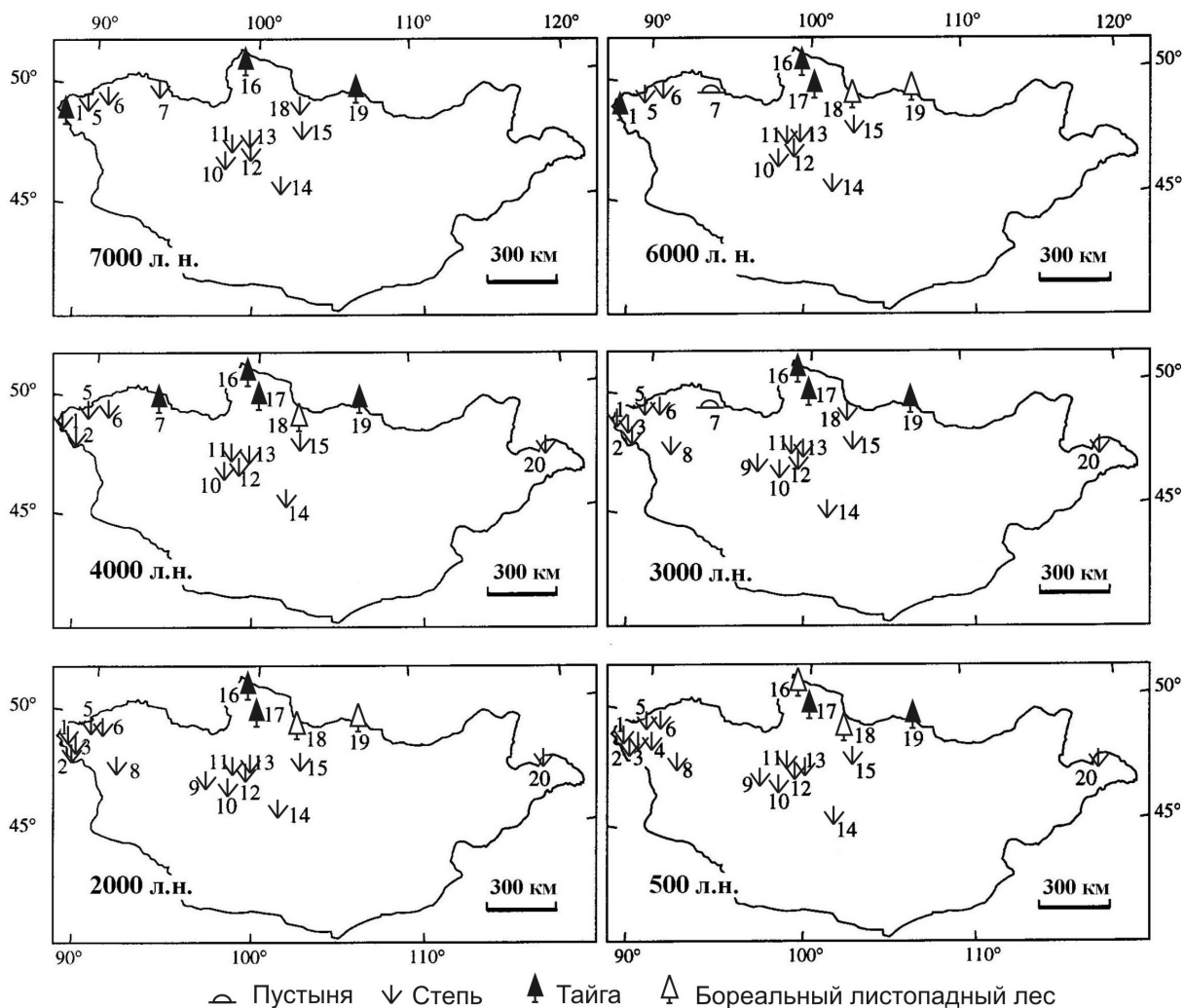


Рис. 6 (продолжение). Распределение доминирующих типов растительности Монголии 7000, 6000, 4000, 3000, 2000 и 500 л. н., реконструированных по фоссильным СПС.

Значительные изменения растительности Монголии произошли в среднем голоцене (7000 и особенно 6000 л. н.). Таежная растительность реконструирована около 7000 л. н. на севере (рис. 6, т. 16 и 19) и на западе Монголии (рис. 6, т. 1). По мере того как на севере и западе лесная растительность теснила степь, последняя постепенно заменила пустыню (рис. 6, т. 6 и 7). Тайга (*Picea*, *Pinus sibirica* и *Abies*) 6000 л. н. занимала большую площадь в Монголии, чем сегодня. В то же время на абсолютных отметках от 1700 до 2500 м над ур. м. в Центральной и Западной Монголии по пыльце восстановлены степные биомы, т. е. степь на этих участках была доминирующим типом растительности, но отдельные пыльцевые спектры показывают увеличение древесной пыльцы (*Larix*, *Picea* и *Pinus sibirica*). Иными словами в среднем голоцене Монгольский Алтай и Хангайское нагорье не были

безлесны, для них были характерны лесостепные ландшафты с островными хвойными и смешанными лесами.

Около 4000 л. н. тайга уступила свои позиции степи на западе, в Монгольском Алтае. Процесс сокращения лесных площадей особенно заметно проявился около 3000 л. н. В это время таежная растительность реконструирована лишь в трех точках (рис. 6, т. 16, 17, 19), что позволяет предполагать возникновение менее благоприятных для существования тайги условий по сравнению с условиями в среднем голоцене. Пустынные сообщества вновь начали доминировать в окрестностях разреза Хойт-Гол (т. 7), где и сегодня существуют довольно сухие условия.

Данные анализа датированных макроостатков деревьев и кустарников в отложениях позднего голоцена на территории Монголии малочисленны (Динесман и др., 1989), но они получены в южных регионах страны, по которым отсутствует другая информация о палеорастительности. Это делает их особенно ценными для восстановления истории развития растительного покрова Монголии. Состав и обилие остатков погребенной древесины в урочище Баян-Сайр не оставляют сомнений в том, что лесная растительность таежного типа еще существовала в Гобийском Алтае около 4500-3500 л. н., где в настоящее время доминируют степные ценозы. О том, что леса в это время занимали значительные площади в Гобийском Алтае, косвенно свидетельствует обломок рога марала, обнаруженный в совместном залегании с древесными остатками (Динесман и др., 1989). Исчезновение темнохвойных пород в Баян-Сайре происходит около 3800-3500 л. н., а лиственницы – 2500-2000 л. н.

Растительность Монголии стала близка к современной уже около 2000 л. н. и без существенных изменений оставалась таковой до настоящего времени. О том, что растительность на юге Монголии около 500 л. н. была близка к современной, свидетельствуют также многочисленные ветки пустынных кустарников (саксаула и симпегмы), обнаруженные в «Вале Чингисхана» в пустыне Гоби (Динесман и др., 1989), где эти растения доминируют и сегодня.

ГЛАВА 8. Реконструкция природных условий Внутренней Азии в конце позднего плейстоцена и в голоцене

Основные этапы развития природных условий Внутренней Азии в позднечетвертичное время на примере Монголии отражены в интегральной схеме, обобщающей результаты проведенного исследования (табл. 2). Приведем её краткие интерпретации.

Опубликованные ранее выводы о растительном покрове Монголии в максимум последнего оледенения базируются на весьма ограниченных данных и существенно расходятся. По интерпретации Е.М. Малаевой (1989а), 20000-18000 л. н. лесная растительность занимала в равнинных районах Монголии большие площади, чем в настоящее время, за счет пониженных летних температур и меньших потерь на испарение. Противоположная точка зрения отстаивалась другими авторами (Гитерман и др., 1968; Голубева, 1976, 1978), которые полагали, что климат был существенно холоднее, но суше современного, а потому древесная растительность могла существовать лишь в наиболее увлажненных рефугиумах. Наши реконструкции растительности последнего

ледникового максимума (Tarasov et al., 2000c) не позволяют поддержать ни одну из гипотез. По спорово-пыльцевым данным трех имеющихся датированных разрезов, растительность последнего ледникового максимума была сходна с современной, но это не означает, что и климат был сходен с современным. Хотя имеющихся данных пока явно недостаточно, с большой долей вероятности можно предположить, что растительный покров Монголии имел мозаичный характер, лесные участки в нем сочетались с открытыми пространствами, занятыми тундровыми (кустарниковыми) и степными сообществами (Tarasov et al., 2000c). Подобные сочетания холодных сухих степных ценозов с холодными, но менее сухими тундровыми встречаются и сегодня в высокогорных поясах Монголии (Юнатов, 1950). Присутствие около 18000 л. н. в Дархатской котловине лесных формаций, представленных сибирской кедровой сосной с примесью ели, также говорит о сходстве растительности с современной на севере Монголии.

Наши реконструкции климата последнего ледникового максимума, выполненные с использованием метода «биомизации» (Tarasov et al., 1999b), показали, что климат Монголии 18000 л. н. был холоднее, чем современный. Причем ниже были как летние (на 1-7°C), так и зимние (на 7-15°C) температуры, что подразумевает также более холодный и короткий вегетационный период. Годовая сумма осадков в Монголии была на 40-200 мм ниже, чем сегодня. Несмотря на пониженную сумму годовых осадков, индекс влажности климата (α) имел положительные аномалии, что свидетельствует о климате, немного более влажном или подобном современному. В водном балансе территории, по-видимому, важную роль играли не столько пониженные суммы поступающих осадков, сколько пониженное из-за низких температур испарение (Tarasov et al., 1999b). Низкие температуры поверхности суши явились также основной причиной ослабления влагопереноса как из Атлантики, так и с Тихого океана.

Анализ геоморфологических, седиментологических и биостратиграфических материалов, полученных из пустынь Монголии и северной части Китая (Yang et al., 2004), показал, что климат последнего ледникового максимума (21000-13000 л. н.) на этих территориях был холодным и сухим. Причиной подобного климата послужили сдвиг на юг холодного и сухого влияния южной ветви Азиатского антициклона («зимний муссон») и слабая интенсивность летнего Тихоокеанского муссона. Потоки холодного и сухого воздуха из Монголии и Сибири приносили на территорию Китая громадные массы песка и пыли и способствовали активному формированию дюнных массивов, большинство из которых было образовано в бывших озерных котловинах (Yang et al., 2004). На ослабление летнего Тихоокеанского муссона и пониженную летнюю инсоляцию в этот период указывают также низкие уровни озер Китая, расположенных на территориях к востоку и юго-востоку от границ Монголии (Qin, Yu, 1998).

В послеледниковое время высокая (выше, чем современная) летняя инсоляция, вероятно, вызвала достаточно большое повышение температуры, что привело к таянию локальных ледников и повышению уровней озер. Более высокие уровни около 13000 л. н. отмечены в озерах Убсунурской котловины (Grunert et al., 2000), в двух озерах Монгольского Алтая (Tarasov et al., 1996; Tarasov, Harrison, 1998), в оз. Хубсугул и

Байкал (Fedotov et al., 2000; 2004a, b) и тибетском высокогорном оз. Sumxi (Van Campo, Gasse, 1993). На увеличение увлажненности климата и повышение уровней китайских озер в интервале 13000-10000 л. н. указывается также в работе Yang et al. (2004).

В послеледниковье, в древнем и раннем голоцене в Монголии, как и в настоящее время, преобладала степная растительность, которая может существовать в довольно широком диапазоне температур и осадков. Тундро-степь продолжала существовать в верхних поясах гор, а высокие равнины, вероятно, были заняты пустынями (Gunin et al., 1999). Реконструкция степных и пустынных сообществ в двух точках, расположенных в горах Монгольского Алтая, согласуется с выводами о том, что горное оледенение в этом регионе не имело столь широкого распространения (Девяткин, 1993), как указывалось в более ранних исследованиях (Гитерман и др., 1968). На севере Китая, вдоль границы с Монголией, в это время существовали сухие степи (Winkler, Wang, 1993). Приблизительно 12700-10000 л. н. пустынная растительность с доминированием *Chenopodiaceae* и *Ephedra* зарегистрирована в бассейне тибетского оз. Sumxi (Van Campo, Gasse, 1993).

В древнем голоцене Прибайкалья при широком развитии горно-тундровой кустарниковой растительности и сухих степных сообществ на многолетнемерзлых породах формируются редколесья из ели и лиственницы, к которым позднее примешивается береза (Безрукова, 1999). Растительность типа лесотундры или холодной лесостепи существовала в Бурятии в интервале 10600-10000 л. н. (Тарасов и др., 2002), а безлесные ландшафты – в окрестностях разреза Озерки, в Восточном Казахстане (Tarasov et al., 1997).

Такая мозаичность и характеристики растительности Внутренней Азии подразумевают сухой и холодный климат со средними температурами января приблизительно на 10°C ниже, чем сегодня. О засушливости климата свидетельствуют также низкие уровни озер, вероятной причиной которых был более слабый, чем в настоящем времени, летний муссон (Harrison et al., 1996). Второй возможной причиной, ограничивавшей расселение таежных лесов в послеледниковое время и в древнем голоцене, была низкая зимняя инсоляция, на 10-12% ниже, чем существующие значения на 50° с. ш. (Berger, Loutre, 1991). При этом скудность запасов талых ледниковых вод приводила к снижению уровней озер Монголии в раннем голоцене. Между 10000 и 9000 л. н. они были ниже, чем современные (Harrison et al., 1996; Tarasov et al., 1996; Tarasov, Harrison, 1998). Степи и пустыни продвигались к северу от их современного положения, степная растительность господствовала и на большей части территории Бурятии (Тарасов и др., 2002). На рубеже позднего плейстоцена и раннего голоцена сочетание высоких летних температур и локальных источников влаги (например, из-за таяния вечной мерзлоты) оказалось оптимальным для появления лесной растительности в долинах, тогда как водораздельные пространства были покрыты степью. Наша интерпретация согласуется с данными анализа ostracod, по которым в Северном Китае, в окрестностях Пекина реконструированы многочисленные пресноводные озерки-блюдца, появившиеся между 12000 и 8000 л. н. и образовавшиеся в результате таяния мерзлоты (Winkler, Wang, 1993).

Расширение площади лесов и усиление позиций темнохвойных пород в горах на севере, западе и в центре Монголии происходит между 8000 и 4000 л. н. Распространение ели позволяет предположить улучшение условий увлажненности и ослабление континентальности климата в середине голоцена. Этот результат хорошо согласуется с другими палеоданными из этих регионов. Данные по уровням озер Монголии отражают более положительный баланс влажности в течение среднего голоцена с максимумом приблизительно около 7000 л. н.

Севернее Монголии (в Прибайкалье и Забайкалье) максимальное распространение еловых лесов приходится на интервал между 8500 и 8000 л. н., пихта в составе лесов начала появляться с 8000 л. н. Широкое участие в составе лесов березы и ели было характерно вплоть до 6000 л. н. Биологические, археологические и геоморфологические материалы из Северного Китая свидетельствуют о том, что 6000 л. н. лесная и лесостепная растительность доминировала к северу от 42° с. ш., там, где сейчас распространены степи.

О региональной изменчивости монгольских палеоклиматов середины голоцена и сложном сочетании сухих и влажных условий на территории страны свидетельствуют палеоданные по уровням озер: в то время как большинство озер Северной Монголии имели высокие уровни и показывали влажные условия между 7500 и 6000 л. н., оз. Хубсугул имело уровень ниже, чем в настоящее время (Tarasov et al., 1996; Дорофеюк, Тарасов, 1998), также как и некоторые озера в Центральной Монголии.

Биоклиматические модели (Tarasov et al., 1999a) показали, что в Центральной Монголии около 6000 л. н. аномальные летние и зимние температуры были на 2°C выше, чем сегодня. Реконструированная влажность была на 10 % выше на севере Монголии и на 10 % ниже, чем сегодня в Центральной Монголии. Это частично соответствует водному балансу озер Монголии. Значения водного баланса, реконструированные по данным об уровнях озер Казахстана и Монголии (Harrison et al., 1996; Tarasov, Harrison, 1998), были в среднем голоцене немного выше современных. Последнее предполагает, что в названных регионах непосредственный эффект увеличения летнего притока солнечной инсоляции на рост температуры компенсировался ростом атмосферных осадков, вызванным сменой режима и интенсивности циркуляционных процессов в атмосфере. Влажные условия в интервале 7500-4500 л. н. были отмечены от северных субтропиков Индии и Китая до северо-запада Монголии, т. е. в областях, чувствительных к изменениям летнего муссона (Tarasov et al., 1999a).

По палинологическим данным, процесс вытеснения таежной растительности на современные позиции и аридизация климата в Монголии начались около 4000 л. н. и не были синхронными для всех ее регионов. Так, на Монгольском Алтае резкое сокращение таежных лесов в бассейне оз. Хотон и отступление *Picea* в локальные сырые среды обитания произошло после 4500 л. н. (Tarasov et al., 2000). Таежные леса в Хангае были вытеснены степными сообществами после 4250-4000 лет назад (Tarasov et al., 2004). В ныне безлесном Гобийском Алтае темнохвойные леса из *Abies* и *Picea* просуществовали до 3800-3500 л. н., а лиственницы – до 2500-2000 л. н. (Динесман и др., 1989). Пыльцевые данные по разрезу Хойт-Гол указывают на максимальную облесенность

горного обрамления и склонов Убсунурской котловины 4500–4200 л. н., где в это время были распространены лиственничные леса, возможно с примесью ели и кедра, а в верхнем ярусе гор – лиственнично-кедровые (Севастьянов и др., 1993). Максимальное развитие лесостепных ландшафтов с *Larix* в древостое отмечалось в бассейне оз. Тэлмэн в интервале 4050–1650 л. н. (Fowell et al., 2003). Несмотря на аридизацию климата, начавшуюся в конце среднего голоцена, явного исчезновения лесной растительности в течение позднего голоцена в Монголии не произошло. На протяжении последних 3000 лет сосновые и лиственничные леса прочно занимали ключевые позиции в растительном покрове Бурятии, отражая ухудшение условий увлажнения и усиление континентальности климата.

Процессы ксерофитизации растительности и опустынивания ландшафтов Убсунурской котловины заметно активизировались 3500–3000 л. н. На протяжении последних 1500–1000 лет в растительном покрове Убсунурской котловины господствовали сухостепные и пустынные сообщества. На равнинах Восточной Монголии аридный этап, выраженный в уменьшении атмосферного увлажнения и ксерофитизации степных экосистем, также совпадает с поздним голоценом (Динесман и др., 1989; Dinesman et al., 2007). Наши реконструкции свидетельствуют о том, что растительность Монголии стала близка к современной уже около 2000 л. н. и оставалась таковой без сколько-нибудь существенных изменений до настоящего времени.

Реконструкции природных условий позднего голоцена сопредельных с Монголией территорий, особенно расположенных южнее её границ, также отражают засушливые условия. Биостратиграфические материалы из Китая, показывают, что процесс аридизации был довольно синхронен в большей части Восточной и Центральной Азии.

Роль антропогенного фактора в формировании растительного покрова Монголии в позднем голоцене все еще остается дискуссионной. По данным Л.Г. Динесмана с соавторами (1989, 2007), в сухих степях Монголии первые признаки пастбищных перегрузок и обусловленной ими ксерофитизации экосистем отмечены в интервале 900–600 л. н., а наиболее ярко проявились лишь в последние столетия. По геоморфологическим данным из северо-западной Монголии, одной из причин формирования дюн явилось усиление антропогенного воздействия в течение последних 2000 лет (Grunert et al., 2000).

В целом проведенное исследование показывает, что изменения природных условий в позднем плейстоцене и голоцене в Монголии, реконструированные по данным палинологического и диатомового анализов озерных отложений, имеют не узко региональный характер, а параллельны экологическим изменениям во многих регионах Внутренней Азии. Общая направленность и относительная синхронность этих изменений могут быть объяснены только глобальными изменениями циркуляционных процессов в атмосфере. Главные вероятные причины экологических изменений Внутренней Азии в послеледниковье и голоцене, скорее всего, кроются в изменениях сезонных аномалий солнечной инсоляции, оказывающих воздействие на укрепление и последующее ослабление циркуляции муссона и соответственно на распределение палеоосадков и на палеотемпературы в регионе.

Таблица 2. Этапы развития природных условий Монголии в позднечетвертичное время

| Система | Раздел | По схеме М.И. Нейштадта, 1982 | Хронозоны | Возраст, лет назад (^{14}C) | Тип осадков | Уровни озер | Характеристика растительности | Климаты | |
|--------------|---------------|-------------------------------|------------------|--|---------------------------------------|--|---|--|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Четвертичная | Голоцен | Поздний | Субатлантическая | 541±84* | Диатомовые илы, погребенная древесина | Преобладание средних уровней, близких к современным. Асинхронное колебание уровней в течение хронозоны, особенно выраженное в горных областях: высокие в её начале, средние и низкие в средней и заключительной частях. | Современное зонально-поясное распределение растительного покрова с полным господством разных типов степей, включая опустыненные в обширных депрессиях. Преобладание в Прихубсугулье и на Хэнтэ таежных лесов, лиственничной лесостепи на северном макросклоне Хангая в сочетании с разнообразными типами степной растительности. | Современный резко континентальный и аридный климат. Нестабильные климатические условия на фоне аридизации и слабого потепления климата. Отмечается несколько коротких климатических фаз (влажных-холодных и аридных-теплых). | |
| | | | | 548±84* | | | | | Диатомовые илы, погребенная древесина |
| 660±90 | Суббореальная | 2660±80 | 2740±60 | 2797±125* | 2850±90 | 2870±70 | 2923±148* | 2930±90* | |
| 680±80 | | | | | | | | | 2660±80 |
| 1000±120 | 2660±80 | 2740±60 | 2797±125* | 2850±90 | 2870±70 | 2923±148* | 2930±90* | 2950±80 | |
| 1050±100 | | | | | | | | | 2660±80 |
| 1320±80 | 2660±80 | 2740±60 | 2797±125* | 2850±90 | 2870±70 | 2923±148* | 2930±90* | 2950±80 | |
| 1320±100 | | | | | | | | | 2660±80 |
| 1395±80 | 2660±80 | 2740±60 | 2797±125* | 2850±90 | 2870±70 | 2923±148* | 2930±90* | 2950±80 | |
| 1550±100 | | | | | | | | | 2660±80 |
| 1650±70 | 2660±80 | 2740±60 | 2797±125* | 2850±90 | 2870±70 | 2923±148* | 2930±90* | 2950±80 | |
| 1960±200 | | | | | | | | | 2660±80 |
| 2171±92* | 2660±80 | 2740±60 | 2797±125* | 2850±90 | 2870±70 | 2923±148* | 2930±90* | 2950±80 | |
| 2450±100 | | | | | | | | | 2660±80 |

Продолжение табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|--------------|---------|---------|---------------|--|--|--|--|---|--|
| Четвертичная | Голоцен | Средний | Суббореальная | 3100±120 3150±120 3270±90 3290±80 3245±163* 3300±80 3310±104* 3340±70 3420±210* 3428±181* 3430±90 3463±113* 3530±123* 3570±170* 3840±50 3855±168* 3900±140 3910±60 3930±182* 3970±80 4113±183* 4150±80 4165±219* 4170±183* 4230±50 4240±100 | | Значительное снижение уровней, особенно выраженное в обширных котловинах северо-запада Монголии. | | Повсеместное сокращение ареалов темнохвойных пород и выпадение из древостоев <i>Picea</i> и <i>Abies</i> на Гобийском Алтае. | Начало аридизации климата. Региональная изменчивость палеоклиматов – сложное сочетание сухих и влажных условий. |
| | | | Атлантичская | 4358±171* 4830±70 5050±80 5140±100 5200±80 5600±80 5800±100 5950±120 5975±150 | Диатомовые илы, глинистые илы, торф, погребенная древесина | Колебание уровней озер при постепенном и асинхронном их понижении в горных и равнинных регионах. | Широкое развитие степей по горным склонам и плакорам Монголии. В среднегорьях Центральной и Западной Монголии распространились таежные леса с участием <i>Larix</i> , <i>Picea</i> и <i>Pinus sibirica</i> , в западных предгорьях Хэнтэя – | Самая теплая и влажная фаза климата с аномальными летними и зимними температурами воздуха на 2°С выше современных. Среднегодовые суммы осадков превышали современные на 10-280 | |

Продолжение табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------|------------|-----------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|--|---|---|
| Четвертичная | Голоцен | Ранний | Предбореальная | 9800±100 10150±100 | | | господствуют сухие и опустыненные степи. Границы горно-тундрового пояса в Прихубсугулье и на Хангае смещены вверх. Древесная растительность Прихубсугулья представлена таежными лесами, в Хэнтэе – таежные леса перемежаются с участками степей. В среднегорьях Хангая холодные закустаренные степи сочетаются с небольшими участками лиственничных лесов с <i>Pinus sibirica</i> у верхней границы лесного пояса. | Почвенное увлажнение обеспечивалось наличием местных источников (таяние локальных ледников и многолетнемерзлых пород). |
| | Плейстоцен | Древний голоцен | Поздний дриас, Аллерёд, Бёллинг | 10580±100 11180±120 11230±60* 11470±100 11500±100 | Озерные илистые глины, торф, моллюски | Четко выражены индивидуальные характеристики водных балансов озер, зависящих от наличия локальных источников влаги в их водосборных бассейнах. В высокогорьях на западе отмечены высокие уровни, в среднегорьях севера и центра – средние и низкие. | Господство степной растительности в среднегорьях и низкогорьях на западе, в центре и на севере страны. На отметках, превышающих 2000 м, распространены холодные степи или тундро-степи, на плакорах и в межгорных котловинах на низких абсолютных отметках на северо-западе – сухие и опустыненные степи, близкие по составу к современным. Хвойные леса с участием <i>Picea</i> зафиксированы только на севере страны (Дархатская котловина). | Смягчение (слабое увлажнение и потепление) холодного климата. Широкое распространение многолетнемерзлых пород. Дефицит влаги связан с более южной позицией северной границы летнего муссона. |

Продолжение табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------|------------|---------------------|---|--|--|--|--|---|
| Четвертичная | Плейстоцен | Позднеледниковье | | 12210±80* 13210±90* 14250±200 14150±960* 14300±200 15000±380* 15550±630* | Ледниково-озерные глины | Постепенное заполнение озерных котловин водами тающих ледников. | Преобладание степной растительности. В высокогорьях Монгольского Алтая, Хангая и Прихубсугуля господствуют тундровые кустарниковые степи. Пустынная растительность развита на низких гипсометрических уровнях в озерных котловинах на северо-западе. | Сухой и холодный климат с температурами января на 10°C ниже современных значений при низкой (на 10-12% ниже современной) летней инсоляции. |
| | Плейстоцен | Максимум оледенения | | 18050±200* 19500±340* 20900±1160 | Торф в обнажении речной террасы, ледниково-озерные глины | Катастрофически низкие уровни или полная регрессия озер в обширной западной депрессии (КБО) и в оз. Хубсугул | Мозаичный характер растительности Монголии – господство степных сообществ в сочетании с холодными кустарниковыми (<i>Betula</i> и <i>Alnus</i>) тундро-степями и лесными формациями из <i>Pinus sibirica</i> и <i>Picea</i> – на севере и с небольшими участками хвойных лесов с участием <i>Picea</i> в среднегорных районах Монгольского Алтая и Хангая. | Сухой и холодный климат (со средними температурами января на 7-15°C и июля на 1-7°C ниже современных). Годовая сумма осадков на 40-200 мм ниже современной. |

Примечание: Символом (*) обозначены даты, полученные из публикаций.

Заключение

Изучение донных осадков пресноводных озер Монголии с использованием сопряженного комплексного анализа геологических, гидрологических, биологических и климатических данных подтвердило их высокую информативность, позволившую решить основные задачи исследования посредством интерпретации альгологических и палинологических материалов – провести реконструкцию уровней озер, динамики растительности и климата позднечетвертичного времени (при надежном радиоуглеродном датировании) и построить новую биостратиграфическую схему основных этапов развития природной обстановки Внутренней Азии в обозначенный геологический период.

Результаты исследования позволяют сделать следующие обобщения и выводы:

1. Выявленная диатомовая флора донных осадков пресноводных и слабо минерализованных монгольских озер разнообразна и богата. Она включает 576 таксонов видового и внутривидового рангов из 79 родов, 34 семейств, 16 порядков и 3 классов, что составляет 69% всей флоры диатомовых водорослей Монголии. За последнее время в озерных танатоценозах впервые обнаружены 76 новых для Монголии таксонов диатомей.

Наибольшее сходство флор обнаруживают макробассейны Центрально-Азиатский бессточный и Северного Ледовитого океана (57.5%), меньшее – макробассейны Центрально-Азиатский бессточный и Тихого океана (41.4%).

Сравнение альгофлор ландшафтно-климатических областей Монголии выявляет наибольшее сходство флор горных водоемов Монгольского Алтая и Хангайско-Хэнтэйской области (61.2%) и близость к ним флор Прихубсугуля и Дархатской котловины. Наиболее отличны от них флоры водоемов Восточного Хэнтэя (коэффициент сходства от 29.6 до 44.1%) и Восточно-Монгольской степной равнины (34.1-42.2%).

В экологических группах преобладают донные виды (50.8%) и виды-обрастатели (38.5%), индифферентные по отношению к солености вод (68%), алкалифильные и алкалибионтные формы (49.8%), бореальные (38.5%) и космополитные (34%) элементы флоры.

Соотношение элементов экологической структуры альгофлор макробассейнов и ландшафтно-климатических областей различно, но изменяется в относительно нешироких пределах: донные виды – 40.9-52.1%, виды-обрастатели – 36.9-47.3%, индифферентные виды – 64.1-77.4%, алкалифильные и алкалибионтные формы – 53.4-67.7%, бореальные элементы – 36.9-43.5%, космополитные – 35.2-43.1%. Арктоальпийские элементы флоры присутствуют во всех региональных флорах (9-20.2%), но доля их участия находится в зависимости от высотного местоположения водоемов: 16.5-20.2% – в горных областях и 9-9.7% – в равнинных водоемах.

Эти материалы позволяют утверждать, что диатомовая флора озерных танатоценозов Монголии по своим характеристикам (составу и структуре экологических групп) представляет собой флору умеренно континентального типа, характерную для Палеарктики в целом.

2. Состав диатомовой флоры, её экологическая структура, наборы доминирующих диатомовых комплексов танатоценозов и их количественные показатели индивидуальны для каждого из изученных озер и весьма изменчивы во времени и пространстве. Данные диатомового и литологического анализов озерных осадков при наличии достаточного числа радиоуглеродных датировок дают вполне надежную информацию для реконструкции палеоуровней озер и экологических условий в их бассейнах.

Набор доминантов является одной из наиболее варьирующих характеристик диатомовых комплексов. Он определяется локальными факторами: местоположением озера, морфометрией его котловины, наличием и характером источников питания (ледники, речные потоки, атмосферные осадки, подземные воды, грунтовая мерзлота), локальным режимом атмосферной циркуляции и т. д. Доминирующий комплекс видов, таким образом, отражает **локальные** экологические ситуации в водоемах и в их водосборных бассейнах.

Наиболее четкими и показательными индикаторами изменения экологической обстановки в озерах (наряду с общей численностью и таксономическим разнообразием диатомовых комплексов) являются соотношения численности представителей экологических групп диатомей, указывающие на **региональные** различия палеоэкологических условий в исследуемый промежуток времени.

Высокая доля в отложениях всех изученных монгольских озер бореальных и космополитных видов диатомей и слабая выраженность изменений в соотношениях географических элементов флоры диатомовых водорослей на протяжении голоценовой истории развития озер свидетельствуют о том, что определяющими факторами формирования состава географических групп диатомовых комплексов являются температурный режим и влагообеспеченность климатов. Подтверждением этому может служить повышение содержания арктоальпийских элементов флоры в наиболее холодные климатические фазы. Снижение уровней озер и потепление вод (особенно на равнинных территориях и в обширных котловинах) приводит в основном к изменению соотношений представителей экологических групп диатомей и в меньшей степени сказывается на соотношении географических элементов флоры.

3. В позднечетвертичной истории водоемов (последние 13000 лет) имеется ряд общих моментов.

На первом её этапе происходило формирование кластических отложений, на втором – органических. Ход этих процессов определялся крупномасштабными изменениями климатических условий: на первом этапе доминировали условия холодного климата, препятствовавшие накоплению органических осадков, на втором – условия, благоприятствовавшие развитию жизни в водоемах. Интенсивность и скорость осадконакопления на втором этапе обуславливались региональными особенностями экологических условий. В высокогорных и среднегорных регионах процесс органогенного осадконакопления был более интенсивным, а характер осадков оставался однородным. В низкогорных и равнинных областях при меньшей интенсивности процесса характер озерных отложений был более разнообразным из-за

резких изменений гидрологических условий, вызывавших значительные колебания уровней и степени минерализации озер.

После трансгрессивной фазы в конце позднего плейстоцена большинство озер Монголии испытало наиболее значительное обмеление в раннем голоцене, особенно проявившееся около 9500 лет назад и совпавшее с началом формирования органогенных илов.

После раннеголоценового снижения уровней озер обводненность озерных котловин начала повышаться приблизительно после 8000 лет назад. Большинство озер достигло максимальных уровней в первой половине среднего голоцена, около 7500-7000 лет назад. После 7000 л. н. началось постепенное и асинхронное снижение уровней. Уровень, близкий к современному, в большинстве озер устанавливается с 5000 л. н.

Вторая половина среднего голоцена характеризуется более сухими условиями. После 5000 лет назад большинство монгольских озер при кратковременных колебаниях постепенно и асинхронно снижали свои уровни. Значительное понижение уровней озер отмечено в заключительной фазе среднего голоцена, в интервале 4000-3000 л. н. На рубеже среднего и позднего голоцена (3000-2000 л. н.) выявлено временное возвращение озер к более высоким уровням. Начиная с 2000 лет назад, во всех озерах Монголии гидрологические условия приблизились к современным.

4. Неоднозначные изменения уровней озер, происходившие в течение позднечетвертичного времени, свидетельствуют о высокой чувствительности водных балансов озер к климатическим факторам и хорошо согласуются с изменениями растительности, реконструированными по данным палинологического анализа донных осадков, что позволяет говорить о единой климатической природе этих изменений.

В последний ледниковый максимум растительный покров Монголии имел хорошо выраженный мозаичный характер: в его составе таежные формации сочетались с открытыми пространствами, занятыми тундровыми и степными сообществами. Господствовали степи, верхние пояса гор занимали тундровые сообщества, а на равнинных территориях преобладала пустынная растительность.

С началом голоцена таежный тип растительности потеснил степи только на самом севере страны; а растительность на западе и в центре не претерпела заметных изменений.

Значительные изменения растительности Монголии произошли лишь в среднем голоцене (7000 и особенно 6000 л. н.), когда таежная растительность стала безраздельно господствовать на севере и западе страны, занимая большую площадь, чем сегодня. Степи постепенно заменили пустыни на северо-западе и доминировали на всей территории страны. В середине голоцена на горных склонах центральной части страны развивались лесостепные ландшафты с островными хвойными и смешанными лесами.

Процесс активного замещения темнохвойных и светлохвойных лесов степной растительностью начался приблизительно около 4000 л. н., когда условия стали менее

благоприятными для существования тайги, чем в середине голоцена. Особенно заметно этот процесс проявился около 3000 л. н. на западе и юге страны. В ныне безлесном Гобийском Алтае лиственный леса просуществовали до 2000 л. н., таежная растительность сохранилась лишь на севере страны, а пустынные сообщества вновь начали доминировать в обширной котловине на северо-западе. Около 2000 л. н. растительность Монголии стала близка к современной и без существенных изменений оставалась таковой до настоящего времени.

Таким образом, позднечетвертичные изменения растительности Монголии проявились в ее динамике от широко распространенных в максимум последнего оледенения холодных тундровых степей к сухим или опустыненным равнинным степям и горным лесостепям позднего голоцена. На всех этапах этого отрезка геологического времени на исследуемой территории взаимодействовали четыре главных типа растительности: тундростепь, тайга, степь и пустыня (при общем доминировании степей). В этих взаимодействиях менялись лишь соотношения площадей и сочетаний сообществ, представляющих эти типы, но общая картина растительности по типолого-экологическому «содержанию» оставалась относительно стабильной.

В целом послеледниковое время в Монголии – это период господства холодных и криоаридных экосистем, существование которых поддерживалось и поддерживается антициклональным режимом климата и связанной с ним общей его холодностью. Каждый регион характеризовался своим набором экосистем и своей динамикой их изменений и соотношений, но эти процессы происходили на фоне единых для страны тенденций развития климата и растительного покрова.

5. Общая направленность и относительная синхронность изменений водного баланса озер и палеорастительности в позднечетвертичное время на внутриконтинентальной части Азии могут быть объяснены только глобальными изменениями циркуляционных процессов в атмосфере, в значительной степени определяемых взаимодействием западного переноса воздушных масс и азиатского (тихоокеанского) муссона. Низкие температуры внутриконтинентальной поверхности суши в последний ледниковый максимум, вызванные смещением позиции полярного фронта на юг от его современного положения в северной Монголии, явились основной причиной ослабления переноса влагонесущих потоков от Атлантического и Тихого океанов. Нарастание инсоляции в послеледниковое время и летний прогрев суши способствовали постепенному укреплению летнего муссона и западного переноса, обеспечивавших влажность азиатских внутренних территорий и ослабление континентальности климата в первой половине среднего голоцена. Климат второй половины среднего голоцена отличался региональной изменчивостью и сложным сочетанием сухих и влажных условий на территории Внутренней Азии, вызванных сезонными изменениями солнечной инсоляции и оказывавших воздействие на укрепление или ослабление циркуляции муссона и соответственно на распределение палеоосадков и палеотемператур в регионе. Процесс аридизации климата, соответствующие изменения природных условий и приближение их к современным

начался приблизительно около 4000 лет назад и усилился после 2000 л. н. Для объяснения механизма и причин более краткосрочных колебаний (вековых и десятилетних) климата, выраженных в чередовании холодных и теплых эпох в позднем голоцене на фоне аридизации, в настоящее время недостаточно данных, и требуются дополнительные, более детальные исследования.

6. Новая биостратиграфическая схема развития природных условий Монголии в позднечетвертичное время, основанная на большем числе датировок, не только дополняет и детализирует предыдущие локальные и региональные схемы, но и построена для страны в целом. Схема хорошо согласуется с литературными данными, полученными для сопредельных территорий Северного Китая, Восточного Казахстана и Забайкалья, и, таким образом, имеет не только узко региональное значение, но и применима ко многим территориям Внутренней Азии. С одной стороны, схема подтверждает единую климатическую природу изменений в позднечетвертичное время, вызванных изменениями глобальных атмосферных циркуляционных процессов, с другой стороны – подчеркивает значение территории Монголии (центральной части Внутренней Азии), как переходной климатической зоны от аридного климата пустынь Северного Китая к субгумидным условиям гор Южной Сибири. В то же время схема не подтверждает гипотезу о непрерывной аридизации Внутренней Азии в течение четвертичного времени: на территории Монголии выявлены, по крайней мере, две крупные влажные климатические фазы голоцена и чередование краткосрочных влажных и аридных фаз в позднем голоцене.

7. Процессы глобального потепления климата, особенно проявившиеся в последнее десятилетие, могут привести к деградации грунтовой мерзлоты в горах и котловинах северной половины страны, к острому дефициту пресных вод, исчезновению криофильных лесов, лугов, луговых степей и мерзлотных болот. Главным негативным последствием таких изменений являются потеря экосистемного разнообразия ландшафтов, снижение их ресурсного и кормового потенциалов и вынужденная трансформация режимов кочевого и полукочевого животноводства, сложившихся в Монголии на протяжении последних 2-3 тысячелетий. В условиях монгольского климата строгая охрана экосистем страны может служить не только способом сохранения их разнообразия, но и средством выживания её населения.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Научные монографии:

1. *Tarasov P.E., Harrison S.P., Saarse L., Pushenko M.Ya., Andreev A.A., Aleshinskaya Z.V., Davydova N.N., Dorofeyuk N.I. et al.* 1994. Lake Status Records from the FSU and Mongolia: Data Base documentation. Boulder, Colorado, USA, 274 pp.
2. *Востокова Е.А., Гунин П.Д., Рачковская Е.И., Береснева И.А., Буян-Орших Х., Волкова Е.А., Губанов И.А., Даваажамц Ц., Дгебуадзе Ю.Ю., Грубов В.И., Дмитриев П.П., Дорофеев Н.И.* и др. 1995. Экосистемы Монголии: Распространение и современное состояние. М.: Наука. 223 с. (Тр. Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции; Т. 39).

3. *Tarasov P.E., Pushenko M.Ya., Harrison S.P., Saarse L., Andreev A.A., Aleshinskaya Z.V., Davydova N.N., Dorofeyuk N.I.* et al. 1996. Lake Status Records from the Former Soviet Union and Mongolia: Documentation of the Second version of the Data Base. Boulder, Colorado, USA. 224 pp.
4. *Gunin, P.D., Vostokova, E.A., Dorofeyuk N.I., Tarasov, P.E., Black, C.C.* 1999. Vegetation Dynamics of Mongolia. Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers. 235 pp.
5. **Дорофеев Н.И., Цэцэгмаа Д.** 2002. Конспект флоры водорослей Монголии. М.: Наука. 285 с. (Тр. Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции; Т. 42).
6. *Гунин П.Д., Востокова Е.А., Бажа С.Н., Баясгалан Д., Дорофеев Н.И.* и др. Экосистемы бассейна Селенги. М.: Наука, 2005. 359 с. (Тр. Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции; Т. 44).

Главы в монографиях:

7. **Дорофеев Н.И.** 1994. Фитопланктон озер // Лимнология и палеолимнология Монголии. СПб.: Наука. С. 115-122.
8. *Севастьянов Д.В., Дорофеев Н.И., Лийва А.А.* 1994. Палеоэкология озер в голоцене // Там же. СПб.: Наука. С. 248-262.
9. *Tarasov P.E., Dorofeyuk N.I., Sokolovskaya V.T., Nakagawa T., Makohonienko M.* 2004. Chapter 1. Late Glacial and Holocene Vegetation Changes Recorded in the Pollen Data from the Hangai Mountains, Central Mongolia // Y.Yasuda, V. Shinde (eds.). Monsoon and Civilization, New Deli: Roli Books Pvt. Ltd. P. 23-50.

Статьи в рецензируемых журналах и изданиях:

10. *Виппер П.Б., Дорофеев Н.И., Метельцева Е.П., Соколовская В.Т., Шулия К.С.* 1976. Опыт реконструкции растительности Западной и Центральной Монголии в голоцене на основе изучения донных отложений пресных озер // Структура и динамика основных экосистем МНР. Л.: Наука. С. 35-59. (Тр. Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции; Т. 8).
11. *Виппер П.Б., Дорофеев Н.И., Метельцева Е.П., Соколовская В.Т.* 1976. История развития растительности Северной Монголии в голоцене на основе палеоботанического изучения донных отложений пресных озер // Палинология в СССР. М.: Наука. С. 161-163.
12. **Дорофеев Н.И.** 1977. Характеристика диатомовых водорослей из отложений озера Хубсугул // Растительный и животный мир Монголии. Л.: Наука. С. 193-204 (Тр. Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции; Т. 7).
13. *Виппер П.Б., Дорофеев Н.И., Метельцева Е.П., Соколовская В.Т.* 1978. История развития растительности Северной Монголии в голоцене // География и динамика растительного и животного мира МНР. М.: Наука. С. 19-24 (Тр. Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции; Т. 10).
14. **Дорофеев Н.И.** 1978. Диатомовые водоросли отложений озера Буйр-Нур (МНР) // География и динамика растительного и животного мира МНР. М.: Наука. С. 142-148 (Тр. Совм. Рос.-Монг. компл. биол. экспедиции; Т. 10).

15. **Дорофеев Н.И.** 1979. Альгологический анализ озерных отложений // Частные методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука. С. 66-78.
16. **Виннер П.Б., Дорофеев Н.И., Лийва А.А., Метельцева Е.П., Соколовская В.Т.** 1981. Палеогеография голоцена и верхнего плейстоцена Центральной Монголии // Изв. АН Эстонской ССР. Т. 30, биология, № 1. С. 74-82.
17. **Дорофеев Н.И.** 1984. Диатомовые водоросли донных отложений озера Тэрхийн-Цаган-Нур (МНР) // Ботанический журнал. Т. 69, № 9. С. 1243-1249.
18. **Дорофеев Н.И.** 1985. Диатомовые водоросли донных осадков озера Ачит (МНР) // Новости систематики низших растений. Л.: Наука. Т. 22. С. 37-46.
19. **Виннер П.Б., Дорофеев Н.И., Метельцева Е.П., Соколовская В.Т.** 1989. Ландшафтно-климатические изменения в Центральной Монголии в голоцене // Палеоклиматы позднеледникового и голоцена. М.: Наука. С. 160-167.
20. **Севастьянов Д.В., Дорофеев Н.И., Лийва А.А.** 1989. Особенности возникновения и эволюции вулканогенного озера Тэрхийн-Цаган-Нур (МНР) // Изв. ВГО. Т. 121, №7. С. 223-227.
21. **Севастьянов Д.В., Дорофеев Н.И.** 1992. История водных экосистем Монголии в голоцене // Изв. РГО. Т. 124, вып. 2. С. 123-138.
22. **Дорофеев Н.И., Тарасов П.Е.** 1998. Растительность и уровни озер севера Монголии за последние 12500 лет, по данным палинологического и диатомового анализов // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 6, № 1. С. 93-107.
23. **Дорофеев Н.И., Тарасов П.Е.** 2000. Растительность Западной и Южной Монголии в позднем плейстоцене и голоцене (по палеоботаническим данным) // Ботанический журнал. Т. 85, № 2. С. 1-17.
24. **Тарасов П.Е., Дорофеев Н.И., Виннер П.Б.** 2002. Динамика растительности Бурятии в голоцене, по данным пыльцевого и радиоуглеродного анализов озерных отложений // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 10, № 1. С. 108-117.
25. **Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E.** 1998. Vegetation and Lake Levels in Northern Mongolia in the Last 12500 Years as Indicated by Data of Pollen and Diatom analyses // Stratigraphy and Geological Correlation. Vol. 6, № 1. P. 70-83.
26. **Tarasov P.E., Webb III, T., Andreev A.A., Afanas'eva N.B., Berezina N.A., Bezusko L.G., Blyakharhuk T.A., Bolikhovskaya N.S., Cheddadi R., Chernavskaya M.M., Chernova G.M., Dorofeyuk N.I.** et al. 1998. Present-day and mid-Holocene biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from the former Soviet Union and Mongolia // Journal of Biogeography. Vol. 25. P. 1029-1053.
27. **Tarasov P.E., Guiot J., Cheddadi R., Andreev A.A., Bezusko L.G., Blyakharhuk T.A., Dorofeyuk N.I., Filimonova L.V., Volkova V.S., Zernitsskaya V.P.** 1999. Climate in northern Eurasia 6000 years ago reconstructed from pollen data // Earth and Planetary Science Letters. Vol. 171. P. 635-645.
28. **Tarasov P.E., Peyron O., Guiot J., Brewer S., Volkova V.S., Bezusko L.G., Dorofeyuk N.I., Kvavadze E.V., Osipova I.M., Panova N.K.** 1999. Last Glacial Maximum climate

of the former Soviet Union and Mongolia reconstructed from pollen and plant macrofossil data // *Climate Dynamics*. Vol. 15. P. 227-240.

29. *Tarasov P.E., Dorofeyuk N.I., Metel'tseva E.P.* 2000. Holocene vegetation and climate changes in Hoton-Nur basin, northwest Mongolia // *Boreas*. Vol. 29. P. 117-126.
30. *Tarasov, P.E., Dorofeyuk N.I., Sevastyanov, D.V., Nakagawa, T.* 2000. Holocene vegetation and climate changes in Mongolia derived from lake status, pollen and plant macrofossil records // *Berliner geowiss. Abh. Reihe A, Geol. Paläontol. Bd. 205*. Berlin. P. 94-99.
31. *Tarasov, P.E., Volkova, V.S., Webb III, T., Guiot, J., Andreev A.A., Bezusko L.G., Bezusko T.V., Bykova G.V., Dorofeyuk N.I., Kvavadze E.V., Osipova I.M., Panova N.K., Sevastyanov D.V.* Last glacial maximum biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil and data from northern Eurasia // *Journal of Biogeography*, 2000. Vol. 27. P. 609-620.
32. *Minayeva T., Sirin A., Dorofeyuk N., Smagin V.* et al. 2005. Mongolian Mires: from taiga to desert // *Stapfia 85, zugleich Kataloge der OÖ. Landesmuseen Neue Serie 35*. S. 335-352.

В других изданиях:

33. *Vunner П.Б., Дорофеюк Н.И., Соколовская В.Т.* 1975. История формирования озера Дунд-Нур и динамика растительного покрова Монгольского Алтая в голоцене // *История озер и внутренних морей аридной зоны*. Л. С. 114-119.
34. *Vunner П.Б., Дорофеюк Н.И., Метельцева Е.П., Соколовская В.Т.* 1985. Палеогеография голоцена Северной Монголии // *Тр. Ин-та ботаники АН МНР*. Улан-Батор. № 7. С. 58-64.
35. *Дорофеюк Н.И.* 1988. Палеогеография голоцена Монгольской Народной Республики по данным диатомового анализа донных отложений озер // *Природные условия, растительный покров и животный мир Монголии*. Пушино: ОНТИ. С. 61-82.
36. *Дорофеюк Н.И.* 1988. Ботанико-географический анализ диатомовых флор донных отложений озер Монголии // *Там же*. С. 266-276.
37. *Дорофеюк Н.И.* 1992. Вековые изменения танатоценозов озер и реконструкция условий их формирования // *Экология и природопользование в Монголии*. Пушино: ОНТИ. С. 151-167.
38. *Севастьянов Д.В., Батжаргал З., Батнасан Н., Дгебуадзе Ю.Ю., Дорофеюк Н.И., Егоров А.Н., Ермохин В.Я., Скворцов В.В., Чеботарев Е.Н.* 1990. Методика экологической оценки современного состояния водных экосистем МНР. Методические рекомендации. Улан-Батор: ГУГК. 31 с.
39. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Harrison S.P.* 1994a. Achit-Nur Lake, Mongolia // *Lake status records from the former Soviet Union and Mongolia: Data-base documentation*. Boulder. P. 195-197 (World Data Center, Rep., N 2).
40. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Harrison S.P.* 1994b. Buir-Nur Lake, Mongolia // *Ibid.* P. 198-201.

41. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Harrison S.P.* 1994c. Daba-Nur Lake, Mongolia // *Ibid.* P. 202-204.
42. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Harrison S.P.* 1994d. Hoton-Nur Lake, Mongolia // *Ibid.* P. 205-207.
43. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Saarse L., Harrison S.P.* 1994e. Terkhiin-Tsagan-Nur Lake, Mongolia // *Ibid.* P. 208-210.
44. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Pushenko M.Ya., Harrison S.P.* 1996a. Dood-Nur Lake, Mongolia // Lake status records from the former Soviet Union and Mongolia: Documentation of the Second version of the database. Boulder. P. 123-125.
45. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Pushenko M.Ya., Harrison S.P.* 1996b. Gun-Nur Lake, Mongolia // *Ibid.* P.126-128.
46. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Pushenko M.Ya., Harrison S.P.* 1996c. Hara-Nur Lake, Mongolia // *Ibid.* P. 129-131.
47. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Pushenko M.Ya., Harrison S.P.* 1996d. Hara-Us-Nur Lake, Mongolia // *Ibid.* P. 132-133.
48. *Dorofeyuk N.I., Tarasov P.E., Pushenko M.Ya., Harrison S.P.* 1996e. Hubsugul Lake, Mongolia // *Ibid.* P. 134-136.
49. *Tsetsegmaa D., Dorofeyuk N.I.* 2001. Distribution and species composition of the algae in the lakes, rivers and streams of the Pacific Ocean drainage system // Дорнод монголын экосистем. Улаанбаатар. P. 99-102.