

УДК 581.526.3 + 551.583.7 (571.)

Основные направления палеогеографических исследований озерных отложений Евразии (Конференция LIMPAKS в Индии, март 2009)

Татьяна А. Бляхарчук*

*Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН
634055 Россия, Томск, пр. Академический, 10/3¹*

Received 26.11.2008, received in revised form 3.12.2008, accepted 10.12.2008

Обзорная статья по материалам конференции освещает современное состояние дел в вопросах изучения изменений климата и ландшафтов Евразии в послеледниковое время с помощью разнообразных палеолимнологических методов, анализа слоев спелеотерм и древесно-кольцевых серий традиционными и новейшими палеогеографическими методами.

Ключевые слова: озерные отложения, палеогеография, изменения климата, муссоны, пыльцевой анализ, изотопы.

Вступление

С 5 по 8 марта 2009 г. в г. Чандигархе (Индия) на базе университетов Панжаба и Найнитала проходила Третья международная конференция LIMPAKS, посвященная изучению изменений климата по голоценовым озерным отложениям. Международные конференции LIMPAKS по изучению прошлых изменений озер проводятся при поддержке Международной Геосферно-Биосферной Программы (IGBP) и Международной Программы Прошлых Глобальных Изменений (PAGES). Предметами обсуждения на данной конференции были: лимнологические данные, свидетельствующие о резких климатических изменениях; последствия воздействия этих изменений на природу и человеческое общество; возможные причины и гипотезы,

объясняющие эти изменения. Подчеркнута необходимость выявления четких временных рамок и географической протяженности экстремально влажных и экстремально сухих климатических событий не только на Евразийском континенте, но и по всей планете.

Озерные отложения

как архив информации о прошлых климатических изменениях.

Обзор основных выступлений на конференции

Озерные отложения представляют собой уникальный архив непрерывных голоценовых данных о гидрологических, ландшафтных и климатических изменениях происходивших как на локальном, так и на региональном и даже глобальном уровнях. Накопление и рас-

* Corresponding author E-mail address: tarun5@rambler.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

шифровка таких природных архивов позволяет не только реконструировать пространственное проявление тех или иных климатических аномалий в определенные временные интервалы в прошлом, но и косвенно судить о возможных климатоформирующих факторах, лежащих за этими аномалиями. Для выявления последних проводилась межконтинентальная корреляция палеолимнологических данных, сравнение их с данными по изменению планетарно-солнечных параметров Земли, солнечной и вулканической активности. Так, Г. МакДональд (MacDonald, 2009) из университета Лас-Анджелеса (США), проводя межконтинентальную корреляцию различных палеогеографических свидетельств с территориями Евразии и Северной Америки, пришел к выводу о том, что, хотя современные модели прогнозируют увеличение аридности в субтропиках, амплитуда климатических колебаний может быть регионально увеличена или уменьшена в результате воздействия климатоформирующей системы Тихого океана и влияния ЭНСО (периодического чередования явлений Эль-Ниньо и Ла-Ниньо в системе поверхностно-глубоководных течений Тихого океана). По его данным, имеется значительное количество палеогеографических свидетельств о том, что длительные потепления климата Земли вызывали относительное похолодание в восточной части Тихого океана, что, в свою очередь, влияло на разнонаправленное изменение увлажненности различных районов Северной Америки и других континентов. Так, например, тенденция к усилению явления Ла-Ниньо приводила к усилению аридности на юго-западе Северной Америки, но одновременно увлажненность климата увеличивалась на юго-востоке Северной Америки и в Юго-Восточной Азии. Такой сцепленный климато-океанический эффект мог очень влиять на людей. Однако

экстремальные климатические явления не всегда имели только отрицательный эффект на человеческие общества. В одних случаях происходило вымирание культур, в других – приспособление и введение различных инноваций.

Новейшие наработки по палеорекострукциям климата голоцена были представлены по различным областям Евразии. Так Д. Порунчи и Г. МакДональд (США) (Porunchu and Macdonald, 2009) сделали интересное обобщение по вопросу долговременных и резких климатических изменений позднечетвертичного времени, зафиксированных в палеопалинологических и палеоэкологических данных по северу России. Конкретно более подробно рассматривались проявления похолоданий позднего Дриаса 12900 календарных лет назад и раннего голоцена 8200 календарных лет назад. Оба похолодания, по современным представлениям, были вызваны внезапными и катастрофическими выбросами больших масс пресных вод ледникового озера Агассиц в Северную Атлантику, что влекло опреснение вод и замедление или остановку формирования Северо-Атлантического глубоководного течения (NADW). Это, в свою очередь, вызывало ослабление Атлантической Меридиональной Поверхностной Циркуляции (АМОС) и сокращение переноса тепла из субтропиков в северный Атлантический океан. Возврат к почти ледниковым условиям, спровоцированный этими событиями, проявлялся глобально, почти до самого Тихого океана. Изучение морских отложений Тихого океана подтверждает этот эффект. Многосторонние палеоэкологические исследования в Восточной Сибири выявили существование резкой риверсии к холодным условиям между 12000 и 11600 календарных лет назад. Поздний Дриас характеризовался доминированием травянистой тундры с куропаточьей тра-

вой и сокращением площади кустарниковой тундры с карликовой березкой. Холодные условия подтверждаются распространением холодолюбивых видов хирономид в этот временной интервал в озере Долгое. Анализ 75 разрезов озерных и торфяных разрезов из Беренгии выявил связанную, но пространственно сложную структуру климатических изменений в этом регионе во время позднего Дриаса. Южная Аляска, Восточная Сибирь и часть Северо-Восточной Сибири испытывали более холодные условия, в то время как Центральная Аляска, Северо-Восточная Сибирь и, возможно, Дальний Восток России и Северная Аляска не претерпевали изменений климата или же климат там был несколько теплее. Столь же неоднозначна и картина похолодания 8200 календарных лет назад.

Авторы подробно рассматривают вопрос о положении северной границы леса на территории Евразии в начале голоцена. Так, в Фенноскандии многосторонние палеоэкологические исследования выявили картину изменения климата с голоценовым термальным максимумом, имевшим место 8000–4000 календарных лет назад. На севере России картина иная. Наибольшее продвижение лесной границы на север в послеледниковое время имело место здесь между 10000 и 9000 календарных лет назад. Это указывает на трансгрессивное во времени положение голоценового оптимума в Евразии. Сдвиг границы леса к северу происходил с раннего до среднего голоцена в связи с увеличением летней солнечной инсоляции и ростом температур летних сезонов. Миграция северной границы леса началась 10000 календарных лет назад, достигла арктического побережья около 9000 календарных лет назад и оставалась севернее ее современной границы вплоть до 3800 календарных лет назад. Лиственница и ель обосновались на севере в районах совре-

менной тундры 8500 календарных лет назад и оставались там до 3500 календарных лет назад. В этот период в Сибири сформировался западно-восточный градиент влажности, вызванный потеплением Северного моря, что способствовало усилению циклональной активности. Этот градиент начал ослабевать после 3500 календарных лет назад.

Картина палеореконструкций изменений растительности и климата позднеледниковья и голоцена в центральном регионе Евразии, а именно в Алтае-Саянском экорегионе, по данным палеопалинологических исследований озерных и болотных отложений была представлена **Т.А. Бляхарчук** (Россия) (Blyakharчук, 2009). Было выявлено, что тундро-степь с пионерными растительными сообществами и островами лесной растительности существовала на обширной территории Алтае-Саянской горной страны до 15000 календарных лет назад. Наиболее аридным за все послеледниковье климат был в период 12200 и 11000 календарных лет назад. После 11000 календарных лет назад влажность климата резко возросла, и темнохвойные леса с елью, кедром и пихтой быстро распространились по всей территории Русского Алтая, Кузнецкого Алатау и Саян. Наиболее влажным и теплым был период с 9500 до 5500 календарных лет назад. В это время пихтовые леса имели наибольшее распространение в горных лесах Алтае-Саянского региона, кроме того, кедровые и лиственничные леса были распространены и на ныне безлесных высокогорьях Юго-Западной Тувы. После 5500 календарных лет назад роль пихты в лесном покрове региона значительно сократилась и леса исчезли из Юго-Западной Тувы в результате похолодания климата и сокращения осадков. Означенные изменения растительного покрова Алтае-Саянской горной страны в пределах территории России были вызваны перестрой-

кой в атмосферной циркуляции региона, в которой влияние атлантических циклонов и сибирского антициклона играют главную роль. Ранне- и среднеголоценовое увлажнение климата в этом регионе, вероятнее всего, последовало за усилением влияния атлантических циклонов.

Интересный обзор и анализ детальных озерных данных документирующих биоклиматическую вариабельность Монгольского плато, а также лессово-почвенных серий на северо-западе Китая, были представлены **З.Д. Фенгом** с соавторами (Китай, США) (Feng et al., 2009). Согласно этим данным была обнаружена временная асинхронность среднеголоценового климатического оптимума в отношении эффективной почвенной влажности и связанной с ней биопродуктивности. На северо-западе Китая среднеголоценовый максимум прослеживается с 5000 по 1300 лет назад, а на юге Монгольского плато – с 9000 по 4000 лет назад. Эта асинхронность предполагает, что концепция «голоценового оптимума» может быть не приемлема совсем, если под ней понимается «оптимальное» сочетание влажности и тепла. Анализ опубликованной литературы указывает на то, что длительная среднеголоценовая засуха (между 7000 и 3000 лет назад) доминировала в обширных центрально-восточно-азиатских аридных и гипераридных областях, в то время как окружающие (в настоящее время семиаридные и субгумидные) районы были влажнее, чем в предыдущие и в последующие периоды. З.Д.Фенг предлагает гипотезу, согласно которой длительные и интенсивные засухи могли быть результатом крупномасштабного среднеголоценового роста температур. Такое температурно-стимулированное усиление испаряемости могло превышать рост осадков (если таковые вообще были), что вызывало усиление аридности в центрально-восточно-

азиатских гипераридных районах. Но рост температур мог также эффективно увеличивать осадки, усиливая муссоны в южных семиаридных районах (на юге Монгольского плато и на северо-западе Китая). Это могло также эффективно увеличивать количество осадков, усиливая региональную рециркуляцию воды в северных субгумидных областях (например, в Южной Сибири). З.Д. Фенг отмечает наличие тысячелетних квази-циклов увлажненности в лессово-почвенных сериях Китая.

Профессор **Л. Старкел** (Starkel, 2009) из Кракова (Польша) представил материалы, доказывающие проявление 1000-летних циклов увлажненности на территории Польши в течение голоцена. По его мнению, последовательное чередование более влажных и более сухих фаз является наиболее характерным свойством климатических колебаний в умеренной зоне Центральной Европы в течение голоцена. Его выводы, основанные на геоморфологических и радиоуглеродных исследованиях флювиальных, озерных, коллювиальных и болотных отложений, хорошо совпадают с подвижками ледников в Альпах. Были выявлены следующие влажные фазы с более частыми наводнениями: 11,5-10,5; 9,5-6,9; 6,0-5,6; 4,0-4,6; 3,5-3,2; 2,9-2,7; 2,2-1,8 тысяч лет до нашей эры и в 5-6, 10-11, 16-19 веках нашей эры. Более влажные фазы были, вероятно, связаны с более прохладным климатом. Такое явное похолодание имело место в раннем суббореале (5,0-4,5 календарных тысяч лет назад), когда ель в Карпатах отступила с верхней границы леса на более низкие высоты.

Юу Ге (Yu Ge, 2009) из Наньджинга (Китай) провел анализ обширной базы данных по изменению уровня озер Евразии. На основе этих данных с помощью физических численных моделей Глобальной Атмосфер-

ной Циркуляции (GCWs) были сделаны палеореконструкции изменения увлажненности на территории Евразии в позднеледниковье и в среднем голоцене. Пространственные модели изменения уровня озер были интерпретированы на континентальном уровне в свете взаимодействия западных воздушных течений и азиатских муссонов. Так, согласно этим моделям, в позднем ледниковье условия были суше, чем сейчас, во всех районах восточнее 100 в.д., включая плато Юанан, Монгольское плато, Восточно-Китайскую равнину и о. Тайвань. В то время более сильными были зимние и ослабевали летние муссоны. В результате доминирования гляциального антициклона, вызванного континентальными воздушными массами в Северной Евразии, в северных и высоких широтах были обширные степные пространства. Уменьшение же осадков в большинстве областей Азии было вызвано ослаблением азиатских летних муссонов и расширением Монгольской области высокого давления. Увеличение годового количества осадков в Западном Китае было вызвано усилением западных воздушных потоков и сдвигом их к юго-востоку. В среднем голоцене 6 тысяч лет назад модель GCWs реконструирует условия более влажные, чем современные, через весь Евразийский континент, включая российский Дальний Восток, Северо-Восточный и Северный Китай, Монгольское плато, Тибетское плато, горы Северной Индии и Арабское плато. Влажный пояс простирался более чем на 10 000 км с востока на запад и на 3000 км с севера на юг. Но с обеих сторон этого влажного пояса уровень озер был ниже, чем в настоящее время. Северная сухая область располагалась вокруг Каспийского моря, а южная – на плато Юанан, в бассейне Сихуан и в Южном Китае. Модель продемонстрировала, что увеличение осадков в Аравии, Индии и на Тибетском плато

в среднем голоцене было вызвано значительным усилением азиатских муссонов.

Т. Наранцетсег с соавторами из разных стран (Narantsetseg et al., 2009) приводит данные по диатомовому анализу озерных отложений в Центральной Монголии (озеро Угии). Озерные отложения мощностью 850 см имели возраст 8660 календарных лет. Было выявлено 8 диатомовых зон. По соотношению планктонных и бентосных диатомей в сочетании с содержанием органики и карбонатов были сделаны следующие выводы: во-первых, низкое содержание карбонатов и высокое содержание органики говорят о высоком стоянии озерных вод; во-вторых, высокое содержание карбонатов и низкое содержание органики свидетельствуют о низком уровне озерных вод.

Значительное количество докладов на конференции было посвящено изменению палеоклимата Индии. При этом всегда подчеркивалась климатообразующая роль Гималаев, поднятие которых около 11 миллионов лет назад способствовало формированию климатической системы муссонов, увлажняющих Индийский полуостров до настоящего времени. Подробную картину истории формирования Гималаев, а также палеоклиматические последствия этого обрисовал профессор **О.Р. Гоел** (Goel, 2009) из университета Дели (Индия). Он подчеркнул, что горные вершины Гималаев поднимаются до 8000 м и оказывают критическое влияние на атмосферную циркуляцию над Азиатским континентом, включая Индию. Это своего рода «третий полюс Земли». Хотя Гималаи возникли как возвышенность в середине миоцена 20 миллионов лет назад, но только в позднем миоцене с 11 до 7,5 миллионов лет назад они стали горными областями достаточной высоты для того, чтобы нарушить западно-восточные потоки ветров и сдвинуть область низкого давления

в район Северной Индии, что стало притягивать большинство летних муссонных ветров из Индийского океана. В позднем миоцене Гималаи испытывали интенсивную эрозию. Смена флоры в районе Шивалик (северное подножие Гималаев) от вечно-зеленых тропических лесов к высокотравным ландшафтам 10-7,5 миллионов лет назад предполагает внезапную смену климатических условий от постоянно влажных к более сухим с сильными сезонными дождями. Внезапное появление апвеллинговых видов морских организмов в Индийском океане 8,5-7,4 миллиона лет назад фиксирует активацию апвеллинговых течений, которые были приведены в движение юго-западными муссонными ветрами.

В. Маньюната (Manjunatha, 2009) из университета Мангалора (Индия), используя имеющиеся инструментальные наблюдения по изменению атмосферных осадков за 135 лет, реконструкции палеоосадков по сталагмитам, палинологические данные по прибрежноморским отложениям западного побережья Индии, а также археологические данные по этому региону, обрисовал картину изменения климата на западном побережье Индии в голоцене и то, как эти изменения могли влиять на человеческие поселения в этом районе. Было выявлено, что на западном побережье Индии климат в течение позднеледниковья и особенно в течение раннего голоцена и до среднего голоцена был очень влажным вследствие сильных летних муссонных дождей, инициированных голоценовым максимумом летней инсоляции. Большое обилие осадков с быстрым подъемом уровня моря и густые леса по западному побережью Индии, видимо, были причиной, препятствовавшей поселению здесь людей. В позднем голоцене период с 3500 по 2200 лет назад на западном побережье Индии фиксируется как аридный, что хорошо кор-

релирует с аридной фазой на основном субконтиненте Индии.

А. Бхаттачарья с соавторами (Ладакх, Индия) (Bhattacharya, 2009) представил результаты палинологических исследований в Баспе (Кашмир Гималаи). Согласно им потепление и распространение открытой (безлесной) растительности в долине р. Баспы началось с 10450 лет назад в результате усиления юго-западных индийских муссонов. Кратковременные похолодания, отмеченные развитием вечной мерзлоты, имели место 10640, 9900 и 9500 лет назад. Примерно 9300 лет назад (10772 календарных лет) началось новое влажное потепление. Относительно прохладные интервалы имели место 8021 и 7044 лет назад, когда нижняя граница леса в Гималаях опускалась. Затем, начиная с 7044 лет назад, климат стал тепло-влажным и распространились березовые леса. Позднее, с 6000 до 2000 лет назад, отмечено увеличение степных элементов в растительности, вероятно, в результате иссушения климата. Ослабление юго-восточного муссона в этот период отмечено также во многих частях Юго-Восточной Азии. В течение позднего голоцена после 1800 лет назад климат стал еще суше.

Коллективная работа индийских и немецких исследователей (Birbal Sahni et al., 2009) была посвящена корреляции палеоклиматических данных из двух контрастных местонахождений в Гималаях: из низкогорной влажной долины в Лессер Гималаях (1500-1700м) и с трансгималайского высокогорного Тсокарского профиля (4600м). Область Лессер Гималаев находится в поясе более влажных и теплых условий. Более 75 % осадков здесь происходит из юго-западных муссонов (1200-1500 мм в год). Напротив, озеро Тсокар получает около половины годового количества осадков из западных воздушных потоков. Это проис-

ходит, главным образом, за счет передвижения Интер-Тропической Конвергентной Зоны (ITCZ), которая блокируется хребтами Занкара и не может достичь Ладакха. В результате юго-западный муссон не играет основную роль в атмосферных осадках в районе Тсокара. Хотя долговременные тренды в обоих районах имеют некоторое сходство, коротко-периодные события, похоже, не коррелируют. Данные по Лессер Гималаев фиксируют резкие климатические события в последние 20 тысяч лет: позднеледниковый максимум, поздний Дриас, ранний Дриас, голоценовые потепления, похолодания 8,2 и 4,2 тысяч лет назад. С другой стороны, данные по Тсокару, охватывающие 15 тысяч лет, демонстрируют несоответствие с вышеназванными событиями. Здесь влажный период выявлен с 8 до 4,2 календарных тысяч лет назад; сухой интервал отмечен с 14 до 12 календарных тысяч лет назад. Во время сухих интервалов содержание легкого изотопа углерода ^{13}C ‰ в озерных осадках резко снижалось, а во время влажных – увеличивалось. В сухой период 10,6–8,6 календарных тысяч лет назад резко увеличилась соленость озера. Авторы полагают, что ITCZ могла играть главную роль в контроле поведения юго-западного муссона с позднеледниковья до современности. Они считают, что аридные периоды в изучаемом районе могли соотноситься с ослаблением юго-западных потоков, южным смещением ITCZ, сокращением летних муссонных дождей и сокращением речного стока. В течение более теплых периодов ITCZ находился над Тсокаром и летние сезоны характеризовались усилением юго-западного муссона и увеличением осадков.

М. Хазарика из Нидерландов (Hazarika, 2009) на основе археологических исследований в Северо-Восточной Индии выдвинул гипотезу о том, что этот регион играл ведущую

роль в появлении ранних сельскохозяйственных культур на основе выращивания риса и одомашнивания некоторых других растений и животных. Позднее эти культуры распространились в Южную Азию и Южный Китай.

Серия докладов на конференции была посвящена результатам изотопного исследования озерных отложений, сталагмитов и кораллов как свидетельств изменения температурного режима климатов и количества выпадающих атмосферных осадков.

Р.В. Кришнамурти и **Л. Лован** (Krishnamurthy and Lovan, 2009) из университета Мичигана (США) обрисовали картину развития метода анализа устойчивых изотопов водорода и кислорода для палеоклиматических реконструкций. Начало методов было заложено Дансгаром в 1954 г., когда было обнаружено, что изотопное соотношение водорода зависит от источника влаги и от трансформации приносящих влагу воздушных масс (так называемый эффект Рейлиха). Кроме того, установлена прямая корреляция между изотопным составом осадков и среднегодовой температурой поверхности Земли. Классические палеоклиматические кривые на основе изотопного состава кислорода были построены по ледяным кернам с полюсов Земли. Для территории материков перспективным оказался изотопный анализ кислорода карбонатов озерных отложений, спелеотерм и почвенных карбонатов. Исследование соотношения изотопов водорода δD было успешно проведено также в годичных кольцах деревьев в рамках дендроклиматологии. Хотя изотопные исследования годичных колец деревьев предоставили обширную информацию об изменении климата, но эти данные были ограничены по длительности охватываемого временного интервала. В этой связи внимание ученых обратилось к озерным отложениям, в которых было предложе-

но исследовать изотопный состав водорода δD органической составляющей осадков. В одном из пионерных изысканий авторов было показано, что изотопный анализ водорода δD общей органики озерных отложений может быть использован для получения палеоклиматического сигнала. Дополнительную информацию для интерпретации данных по изотопному составу водорода δD может предоставить параллельное проведение анализа изотопа кислорода карбонатов в осадках. Однако, без сомнения, использование органики озерных отложений для изотопных анализов связано с проблемой гетерогенности осадков. Точность метода может быть усилена использованием раздельного анализа изотопного состава компонентов органики.

Б.С. Котла с соавторами (Kotlia, 2009) из университета Найнитал (Индия) провели исследование изотопного состава углерода и кислорода в сталагмите длиной 11,5 см из пещеры Чулерасим (Кумаюн, Гималаи). В общей сложности было проанализировано 135 образцов, отобранных с интервалом в 0,8 мм. Получено 3 абсолютных датировки U/Th-методом. Это позволило выявить серию сухих и влажных интервалов общей продолжительностью около 400 лет отражавших колебания муссонной активности. Так, наиболее влажными были годы 1680, 1770, 1930 и 1970 лет нашей эры. Сухие периоды имели место в 1640 и 1740 годах нашей эры. Максимум муссоны достигали в 1970 году нашей эры.

А.С.Г. Хендерсон из Глазго (Англия) (Henderson, 2009) подтверждает, что изотопное соотношение кислорода в молекуле воды дает мощный инструмент для выявления климатозависимых процессов в континентальных гидрологических циклах. Однако автор предупреждает о необходимости осторожной интерпретации изотопных данных из озер, поскольку существует риск допущения

серьезных ошибок при слишком прямолинейной интерпретации. Хендерсон приводит пример тысячелетней кривой кислорода, построенной по аутогенным и биогенным карбонатам из озера Квингай с северо-востока Тибетского плато. В ходе этой кривой было обнаружено резкое уменьшение содержания изотопа кислорода в карбонатах ($\delta^{18}O_c$) с 1450 года нашей эры, продолжавшееся до 1800 года. Традиционная интерпретация этого спада связывала бы его с увеличением обилия осадков во время малого ледникового периода. Однако Хендерсон полагает, что причина этого минимума более сложная. Это, скорее всего, комплексный ответ на сокращение обогащенности изотопами $\delta^{18}O$ испаряемой влаги и на изменение в атмосферной циркуляции, ведущее к увеличивающейся доле атмосферных осадков, обедненных изотопом кислорода $\delta^{18}O$, которые приносят западные воздушные потоки.

Падмакумари с соавторами (Padmakumari et al., 2009) из Хайдерабада провел анализ изотопов кислорода и углерода по сезонным кольцам кораллов с Лакшадвирских островов. Был охвачен промежуток времени с 1920 по 2003 год. В течение этого времени самые низкие температуры поверхностных вод океана были связаны с увеличением обилия изотопа $\delta^{18}O$, а самые высокие – с уменьшением обилия изотопа $\delta^{18}O$ в кораллах. Яркой чертой изотопной кривой кислорода в кораллах является постепенное увеличение среднегодовых температур поверхностных вод в течение 20-го столетия примерно на 1 °C. Это увеличение было интерпретировано как следствие глобального потепления, которое вызвало снижение муссонного апвеллинга. Изотопная кривая кислорода демонстрирует также декадную вариабельность. Существенный спад кислородной кривой в 1998 году произошел в результате

экстремального повышения температуры поверхностных вод океана. Обычно изотопные кривые $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ взаимосвязаны таким образом: более высокие значения $\delta^{18}\text{O}$ муссонных периодов в основном связаны с низкими значениями $\delta^{13}\text{C}$. Снижение фотосинтетической активности в течение муссонных месяцев, усиленное облачным покровом, вызывает захват выдыхаемого CO_2 со сниженным содержанием $\delta^{13}\text{C}$.

В другой работе этих же авторов (Padmakumari et al., 2009a) исследуется вопрос изменения климата в связи с поднятием Гималаев и началом действия индийского муссона. Гипотеза влияния подъема Гималаев на изменение атмосферной циркуляции и формирование системы циркуляции индийского муссона была выдвинута профессором Мауреном Раймо из Массачусетского института технологии. Однако точное начало этого события до сих пор не было задокументировано в природных палеоклиматических сериях. Исследования изотопного состава кислорода и углерода донных отложений фораменифер помогли решить этот вопрос. Было выявлено, что изотопный состав $\delta^{18}\text{O}$ демонстрирует комбинированный эффект температуры и солености морских вод, а изменение содержания изотопа $\delta^{13}\text{C}$ – биопродуктивность. Очень низкие значения $\delta^{18}\text{O}$ приблизительно 15 миллионов лет назад, вероятно, являются свидетельством инициации индийских муссонов. Тем не менее, регулярные и интенсивные муссонные дожди начались только после 12 миллионов лет назад. Корреляция низких значений $\delta^{18}\text{O}$ с высокими значениями $\delta^{13}\text{C}$ указывает на тесную связь между муссонами и океанической продуктивностью в конце миоцена.

В.К. Дас из Пенжабского университета (Das, 2009) на примере озера Мансар в Гималаях представил данные о вариации биохими-

ческого состава озерных отложений, которая, вероятно, связана с вариабельностью климата в голоцене. Было исследовано соотношение C/N и изотопный состав $\delta^{13}\text{C}$ в 30-метровом озерном керне и выявлены следующие закономерности: C/N = 6-10 и $\delta^{13}\text{C}$ (-20 – -22 ‰) характерно для верхней части керна и C/N = 13-20 и $\delta^{13}\text{C}$ (-28 ‰) – для нижней. Данные соотношения объясняются тем, что в верхней части озерных отложений изотопный состав органики получен из остатков водных растений, а органика нижней части озерных отложений обогащена остатками сухопутных растений. Дополнительные исследования аминокислотного состава по этому разрезу и несколько радиоуглеродных датировок позволили реконструировать теплый и гумидный климат, существовавший около 7580 лет назад. Переход к аридным условиям произошел после 5552 лет, а к сухим и холодным условиям – начиная с 4214 лет назад. Корреляция этих данных с результатами, полученными по другим озерам западного Тибета, указывает на то, что максимум муссонной активности в этом регионе имел место от 7200 до 6300 лет назад (Gasse et al., 1996). Фон Рад с соавторами (Von Rad et al., 1999), изучая ламинированные осадки в Пакистане, сделал заключение о том, что в этом регионе начиная с 3900 лет назад и до настоящего времени прогрессивно сокращалось обилие осадков. На Западном Тибете максимальная за весь голоцен аридность климата, по данным В.К. Дас, отмечена 4300 лет назад, а в работах Гассе с соавторами (Gasse et al., 1996) – между 4000 и 3000 лет назад.

О.М. Распопов с соавторами (Rasporov et al., 2009) из Санкт-Петербурга приводит интересные результаты по реконструкциям палеоклимата на основе изучения годовичных колец можжевельника и сабины с Тибетского плато. Эти данные были обработаны с по-

мощью вельвет-анализа и отфильтрованы по частоте основной периодичности солнечной активности. Полученные результаты выявили квази-200-летнюю вариабельность в кольцевых хронологиях, достаточно хорошо связанную с наблюдаемой в последнее тысячелетие 210-летней периодичностью солнечных циклов. Квази-200-летняя климатическая вариабельность наблюдается как в изучаемом Центрально-Азиатском регионе, так и в Азии, Европе, Северной Америке, Австралии, Арктике и Антарктике и указывает на выраженное влияние солнечной активности на глобальные климатические процессы.

Заключение

В прениях по итогам конференции было очерчено несколько злободневных вопросов в палеогеографической науке. Важнейшие из них: о движущих факторах изменения климата Земли; о вариабельности климата на региональном и глобальном уровнях; о взаимовлиянии человека и климата в различных регионах планеты; об изучении и учете естественных тенденций в развитии озер и болот; о том, как можно на основе изучения прошлых изменений ландшафта и климата предсказывать их будущие изменения с помощью моделирования; о

необходимости и возможности синтезировать палеолимнологические данные различных регионов на глобальном уровне. Для решения последнего вопроса Г. МакДональд предложил сузить синтез материала в рамках определенных проблем, например, проблемы муссонов или засух. Ф. Гассе предложила углубить интерпретацию данных, подключив другие научные дисциплины, например, привлекая климатологов к палеоэкологическим исследованиям. Лимнологи, климатологи и моделисты должны быть открыты друг другу, чтобы понять друг друга и уметь кооперироваться, поскольку, когда мы пытаемся понять взаимоотношения окружающей среды и человека, требуется очень детальный масштаб исследования; здесь возникает вопрос о том, как сохранить качество данных при выходе на глобальный уровень моделирования. З.Д. Фенг предложил создать международную группу по изучаемой тематике, в которую бы входили представители от каждой страны. С учетом междисциплинарного и международного уровня таких исследований возникла необходимость обращения к правительствам различных стран с просьбой о предоставлении благоприятного визового режима для исследователей, работающих в этой области.

Список литературы

Birbal Sahni and Paleoclimatology Group of Indian and Germany scientists. (2009) 20 ka history of selected low-lying humid and high arid valleys of the Indian Himalaya: variation in inception and duration of the events. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 67-68.

Bhattacharya A., Ranhotra P.S., Sharma J. and Shan S.K.(2009) Late Quaternary climate changes around upper Baspa valley, Kinnaur, Western Himalaya. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 10-11.

Blyakharchuk T.A. (2009) Change of vegetation and climate in the Altai-Sajany mountain region since the Late Glacial based on pollen data from lake's sediments. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 12-14.

Das. B.K. (2009) Biogeochemistry and palaeoclimate variability during Holocene: A record from Mansar Lake, Lesser Himalaya. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p.21-23.

Feng Z.D., Wang W., Wu H.N., MA Y.Z., Liu K.B, Narantsetseg T.(2009) High-resolution lacustrine records of Holocene bioclimatic variations in the Mongolian Plateau. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 26-28.

Gasse, F., Fontes, J.C., Van campo, E., Wie, K. (1996) Holocene environmental changes in Bangong Co basin (western Tibet). Part 4: Discussion and conclusions. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 120. 1996. p. 79-92.

Goel O.P.(2009) Impact of the Himalaya on modification of ecosystems of Indian subcontinent and Asia: A review. In B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 47-49.

Hazarica M.(2009) Cultural links of northeast India with Southeast Asia and south China during Holocene. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 49-52.

Henderson A.C.G.(2009) Deciphering lacustrine stable isotope record from Lake Qinghai, NE Tibetan Plateau: implications for understanding late Holocene monsoon variability. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 52-53.

Kotlia B.S., Kathayat Gayatry and Ahmed S.M.. (2009) Climatic fluctuations for the last 400 yr. in the Central Himalaya by using Stalagmite. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 70.

Krishnamurthy R.V. and Lovan N. (2009) How can we use D/H ratios of lacustrine organic matter in documenting paleoclimates. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 71-74.

MacDonald G.M.(2009) Past and future Climate warming, Pacific ocean response and hydrological impacts: A Linked View of Asia and Western North America. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p.82-83.

Manjunatha B.(2009) Relationship between fluctuations in climate during the Late-Quaternary and human settlement along the west coast of India. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 83-86.

Narantsetseg T., Ariunbileg S., Feng Z.D., Liu K.B.(2009) Holocene lake-level history of lake Ugii as suggested by diatom analysis. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 136-139.

Padmakumari V.M., Ahmad S.M., Waseem Raza and Suseela G.(2009) Climate change in response to Himalayan orography: Onset of Indian monsoon. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 92-93.

Padmakumari V.M., Ahmad S.M., Raza W., Venkatesham K., Siseela G. and Kimar S. (2009) High-resolution stable isotopic records from Lakshadweep corals: implications of SST and monsoonal change during the 20-th century. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p.2.

Porunchu D. F. and Macdonald G.M.. (2009) Paleolimnological and Paleoecological studies from Northern Russia: Evidence of abrupt and Long-term climate change during the Late-Quaternary. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p.90-106

Raspopov O.M., Dergachev V.A., Shao X. and Kozyreva O.V. (2009) Long-term climatic changes in the central Asia and their relation to solar activity. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 116-118.

Starkel L.(2009) Fluctuations in hydrologic regime in Central Europe reflected in fluvial, lake, bog and slope sediments during the Holocene. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 131-133.

Von Rad, U., Schaff M., Michels K.H., Schultz H., berger W.H. and Sirocko F. (1999) A 5000-year record of climate change in varved sediments from the oxigen, minimum zone of Pakistan. Quaternary research 51. p. 39-53.

Yu Ge. (2009) Lake level changes in China and the climate driving. In: B.S. Kotlia (ed) 3rd LIMPACS (IGBP, PAGES): Holocene lake records. Panjab University Press, Chandigarh, p. 37-42.

The Third International Conference LIMPACX, devoted to Investigation of Holocene Lake's Sediments, Chandigarh (India), 5-8 of March 2009 yr.

Tatiana A. Blyakharchuk

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS
10/3 Akademichesky, Tomsk, 634055 Russia*

Survey article based on materials of 3rd LIMPACS (IGVP, PAGES) conference represents modern state of art in the field of investigation of change of climate and landscapes in Eurasia in post Glacial time with use of different palaeolimnological proxies, stable isotope analyses of speleotherms and dendrokronological data.

Keywords: lake sediments, palaeogeography, change of climate, monsoons, pollen analysis, stable isotopes.
