УДК 551.89 (551:583.7 – 551.8:574)

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ ПРИОЛЬХОНЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

Кузьмин С.Б., Белозерцева И.А., Шаманова С.И.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: belozia@mail.ru

Проведен анализ результатов комплексного изучения условий залегания, стратиграфии, материалов по абсолютной геохронологии, морфологии, палинологическому, химическому и гранулометрическому составу рыхлых отложений, современных и погребенных почв Приольхонья. Восстановлена геохронология природно-климатических изменений как основа для реконструкции палеогеографических событий в голоцене. Для корреляции палеоэкологических событий Приольхонья были использованы как аналитические данные, полученные авторами лично, так и литературные сведения.

Ключевые слова: голоцен, природно-климатические изменения, палеоэкологическая реконструкция

PALEOGEOGRAFICHESKY EVENTS OF THE PRIOLKHONYE IN THE HOLOCENE

Kuzmin S.B., Belozertseva I.A., Shamanova S.I.

Institute of Geography. VB Sochava, Irkutsk, e-mail: belozia@mail.ru

The analysis of results of complex studying of conditions of formation, stratigraphy, materials on absolute geochronology, morphology, palynological, chemical and particle size distribution of friable deposits, modern and buried soils Priolkhonya is carried out. The geochronology of climatic changes as a basis for reconstruction the paleogeograficheskikh of events in the Holocene is restored. For correlation of paleoecological events of Priolkhonya were used as the analytical data obtained by authors personally, and literary data.

Keywords: Holocene, climatic changes, paleoecological reconstruction

Большая роль в формировании глобального климата принадлежит внутриконтинентальной Азии, которая представляет собой обширный, высокоподнятый, глубоко расчлененный массив суши, влияющий на планетарное распределение и перераспределение атмосферной циркуляции и солнечной радиации. Типичным представителем внутриконтинентальных районов Азии является Прибайкалье, котловина оз. Байкал и окружающие ее горные хребты. В аквальных, субаквальных и терригенных рыхлых отложениях, почвах, торфяниках этого региона заложена информация о характере, последовательности и преемственности палеогеографических событий голоцена, об изменении тепло- и влагообеспеченности ландшафтов, о геодинамических и геохимических процессах, о формировании почвенного и растительного покрова. Комплексное использование всех этих данных позволяет осуществлять прогноз региональных изменений природной среды и климата.

Примечательным районом Прибайкалья является Приольхонье (рис. 1). Оно представляет собой часть крупной орографической системы – нагорья Прибайкалья и входит в структуру Байкальской рифтовой зоны. Основной рельефообразующий элемент Приольхонья – зона Приморского разлома, который сформировался в нижнем палеозое как взбросо-сдвиг, а в кайнозое функционировал как сброс. Вдоль нее заложена Кучелго-Таловская депрессия, которая разделяет Приморский хребет с отметками высот до 1500–1700 м и Приольхонское плато с отметками высот до 800–900 м. На плато сохранился древний «донеотектонический» геоморфологический ландшафт с синхронными ему глубоко выветрелыми горными породами, благодаря сухому климату и относительно стабильному положению Приольхонского тектонического блока в условиях кайнозойского рифтогенеза. Плато обрывается к котловине оз. Байкал отвесным уступом.

Специфика физико-географических условий Приольхонья – влияние водной массы Байкала, орографическое положение, геолого-геоморфологическое строение – определяет отличительные черты его ландшафтной организации. На относительно небольшом пространстве здесь представлены нивально-альпинотипные, гольцовые, подгольцовые, горно-таежные, подтаежные и степные ландшафты. Особенностью природных комплексов является сочетание разнотипных природных систем. Особое положение занимает побережье Малого моря; его своеобразная ландшафтная структура характеризуется сочетанием различных ландшафтов: лесных, лесо-кустарничковых, остепненных сосняков и лиственничников, степных, луговых, лугово-болотных, песчаных и каменистых. На Приольхонском плато на гребнях, грядах и скалистых участках побережья встречаются криоксеропетрофитные типчаково-тимьяновые степные группировки, в межгрядовых понижениях – комплексы полынно-типчаково-востреццовых и ковыльно-житняковых степей, заслуживающих особой охраны. Здесь

произрастают эндемичные и реликтовые растения, распространены почвы предгорных сухих степей. Формирование сухостепных ландшафтов с каштановыми почвами связано с аридной горной зональностью и положением их в «дождевой тени». Сопутствующими почвами являются черноземы маломощные и дерновые остепненные. Недостаток атмосферного увлажнения усугубляется высокой водопроницаемостью дресвянисто-суглинистых почвогрунтов. Следствием экстремальных почвенно-климатических условий является низкая биопродуктивность.

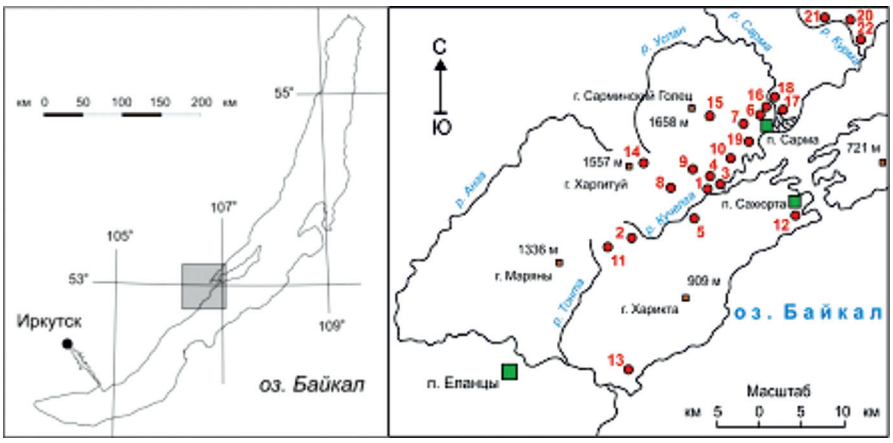

Рис. 1. Район исследований. Расположение объектов комплексных палеогеографических исследований, включая разрезы с погребенными и реликтовыми почвами, торфяники: 1 – торфяник «Кучелга-1», 2 – торфяник «Безымянный», 3 – прибрежный «Кулура-1», 4 – предгорный «Харга-2», 5 – долинный «Кучелга-2», прибрежный 6 – «Сарма-5», предгорный 7 – «Сарма-10», 8 – склоновый «Приморский-1», 9 – склоновый «Приморский-2», 10 – предгорный «Шида-3», 11 – внутрикотловинный «Тонта-2», 12 – прибрежно-склоновый «Сахюрта-2», 13 – приводораздельный Ольхонского плато «Ая-2», 14 – торфяник «Подгольцовый», 15 – подгольцовый «Ланинский», 16 – присклоновый «Сарма-1», 17 – присклоновый Приморского разлома «Сарма-2», 18 – южносклоновый «Сарма-3», 19 – конус выноса «Арык», 20 – присклоновый «Курма-1», 21 – подгольцовый «Курма-2», 22 – прибрежный «Курма-3»

Материалы и методы исследований

Прогноз глобальных и региональных изменений природной среды и климата является важнейшей проблемой, с которой общество столкнулось в последние десятилетия. Он основан на изучении палеогеографических событий недавнего геологического прошлого – голоцена, на анализе состояния, динамики и эволюции ландшафтов в их естественном развитии, на понимании их взаимодействия и причинно-следственных связей. Достоверные палеогеографические реконструкции могут быть получены только на основе корреляции географических, геологических, биотических, климатических и других событий. Эти события восстанавливаются преимущественно на основе изучения разрезов рыхлых отложений, погребенных и современных почв. В пределах одного района такие разрезы могут отличаться по мощности датированных разными методами слоев, по их механическому и химическому составу, последовательности накопления и т.д. Это вызвано различием местных природных условий и отражает метахронность географических явлений. Поэтому для выявления региональных палеогеографических событий основным методом должна быть корреляция изученных разрезов по последовательности осадконакопления.

В современной литературе голоцен рассматривается как самостоятельное фландрское межледниковье всего четвертичного периода, которое привело к глобальному потеплению климата, проявилось также во внутриконтинентальных районах Азии и в т.ч. на территории Приольхонья. Основными глобальными причинами чередования теплых и холодных эпох с различной степенью увлажнения ландшафтов являются вариации солнечной активности и изменения орбитальных параметров Земли. В региональном аспекте важными являются местные специфические палеогеографические условия: североатлантическая и южная Эль-Ниньо осцилляции, пульсации континентальных ледниковых щитов и колебания уровня Мирового океана, крупные извержения вулканов и др. Их изучают в основном на континентальных и океанических трансектах с акцентом на цикличность. В последние 300 лет возросло антропогенное воздействие на ландшафты.

Изучение палеогеографических событий голоцена традиционно проводится с помощью спорово-пыльцевого анализа рыхлых отложений, изучения состава и массы органики в них, например, диатомей, геомагнитных вариаций и т.п., а временная привязка – с помощью разных видов радиоуглеродного анализа (датирование слоев) вмещающих споры и пыльцу разногенетических рыхлых отложений, геохимического датирования по изотопам химических элементов, аутигенному урану, биохимического датирования по $\delta^{13}C$ в бентосных и планктонных кремниевых и карбонатных микрофоссилиях в донных отложениях континентальных озер и морей, изотопам кислорода в континентальных ледниковых щитах и т.п. При периодизации палеогеографических событий обычно опираются на схему Блитта-Сенандера,

в которую в последние годы внесены существенные изменения. Например, при анализе изотопно-кислородной шкалы SPECMAP, в т.ч. с помощью дендро- и тефрахронологических методов; профилей треков химических элементов в сталагмитах и других натечных спелеообразованиях; органических микрофоссилий, бентосных фораминифер, цист динофлагеллят; роста раковин моллюсков в аквальных отложениях материков и океанов; ботанического состава торфа и концентрации целлюлозы в погребенных мхах по изотопам углерода и кислорода; при изучении микроорганизмов, таких как амебы или участвующие в фотосинтезе метанотрофные бактерии; молекулярной структуры органических соединений – насыщенные алифатические углеводороды, лигниновые фенолы, карбоксиловые кислоты; углеродной изотопной структуры растительных парафинов в донных осадках и т.д. На сегодня приняты следующие даты начала периодов голоцена (лет назад): предбореальный (PB) – 11800; бореальный (BO) – 10800; атлантический (AT) – 10000; суббореальный (SB) – 6000; субатлантический (SA) – 3000[1].

В ходе наших многолетних комплексных исследований разрезов голоценовых рыхлых отложений, включая погребенные и реликтовые почвы, торфяники, сформированных в различных ландшафтно-геоморфологических условиях Приольхонья (см. рис. 1), получены палеогеографические материалы, которые позволили изучить пространственно-временные изменения характера растительности, осадконакопления, почвообразования и в целом природной среды. Восстановление геохронологии палеогеографических событий потребовало сопряженного анализа пространственно-временных изменений, результатов комплексного изучения условий залегания, стратиграфии, материалов по абсолютной геохронологии, морфологии, химическому и гранулометрическому составу отложений.

В последние 5–10 лет геохронологические и палеоклиматические схемы для всего Прибайкалья и в т.ч. для Приольхонья были значительно пересмотрены, уточнены климатостратиграфические шкалы, восстановлен календарный возраст событий, на основе чего уточнена их последовательность и связь с глобальными и региональными изменениями природной среды и климата. Поэтому для палеогеографической корреляции и построения геохронологической летописи палеогеографических событий Приольхонья, их временной привязки использованы как аналитические данные, полученные авторами статьи [4, 10–15, 19, 20], так и многочисленные литературные источники [2, 3, 5, 7, 8, 10, 16–18, 21, 22].

Результаты исследований и их обсуждение

Рассмотрим описание наиболее значимых разрезов рыхлых отложений Приольхонья, результаты изучения которых ранее нами не были опубликованы. Стратифицированные делювиальные отложения, формирующиеся на них и погребенные почвы содержат обширную информацию об изменении климата, особенностях осадконакопления, благодаря их высокой чувствительности к внешним воздействиям. Так, нами изучены делювиальные отложения и почвы разреза присклоновый «Сарма-1», которые сформировались на юго-восточном пологом склоне Приморского хребта в долине р. Сарма. В данное время почвы находятся под типчаково-полынно-разнотравной степью. Разрез сложен следующими временными слоями (Табл. 1; рис. 2):

1) голоценовые делювиальные суглинки и супеси с примесью эолового и десерпционного материала (мощность 20–25 см);

2) среднесартанские (Sr^3) делювиальные и делювиально-эоловые суглинки (25–40 см);

3) раннесартанские (Sr^4) лессовидные суглинки, белесоватые от обилия карбонатов (40–70 см).

Голоценовая часть разреза представлена черноземом маломощным и отличается от неоплейстоценовой темной и буроватой окраской горизонтов. Содержание гумуса резко уменьшается по глубине разреза от 12% (до 10 см) до 0,6% (24 см). Повышенная гумусированность голоценовых отложений следствие оптимизации климатических условий – потепления и возрастания количества атмосферных осадков. Отмечается обтекание криогенных клиновидных структур в толще сартанских отложений раннеголоценовыми почвенными горизонтами. Размеры клиньев 20–40 см. Слабый криогенез имел место в первой половине бореального времени. Зафиксированы мерзлотные клинья в среднеатлантическое время, между субатлантическим и суббореальным периодами, которые можно рассматривать как сигналы похолоданий. Верхняя часть элювия размыта и рассечена трещинами (криотурбирована) в сартанское время. На размытой поверхности криотурбированного элювия залегает слаборазвитая погребенная почва мощностью 5 см сартанского возраста. Заметен горизонт А светло-каштанового цвета, содержание гумуса в котором составляет 1,7%. Таким образом, в разрезе – присклоновый «Сарма-1» запечатлены следы двух больших периодов аридизации климата и внутри них несколько фаз криогенеза (похолоданий).

В разрезе «Сарма-2», находящемся в зоне Приморского разлома ярко выражены следы сейсмической активности. Наблюдаются белесые фрагментарные слои раннесартанских лессовидных суглинков, вышедших на поверхность среднесартанских слоистых суглинков в результате

[1] Сегодня принято радиоуглеродные даты приводить в календарном летоисчислении после калибровки для сравнения палеогеографических событий в разных регионах. При отсутствии календарных дат они восстановлены нами on-line на сайтах http://radiocarbon.pa.qub.ac.uk/calib/calib.html и http;//www.calpal-online.de.

сейсмогенного разрыва. Образовавшаяся полость заполнилась прослойками раннеголоценовых гумусированных суглинков и лессовидными суглинками среднесартанского возраста. В верхней части разреза также наблюдается чернозем маломощный голоценового возраста под петрофитной каменистой степью. Наличие грубообломочных слоев пролювия также можно рассматривать как сигнал наложенных сейсмотектонических и аномальных климатических событий в сартанское время.

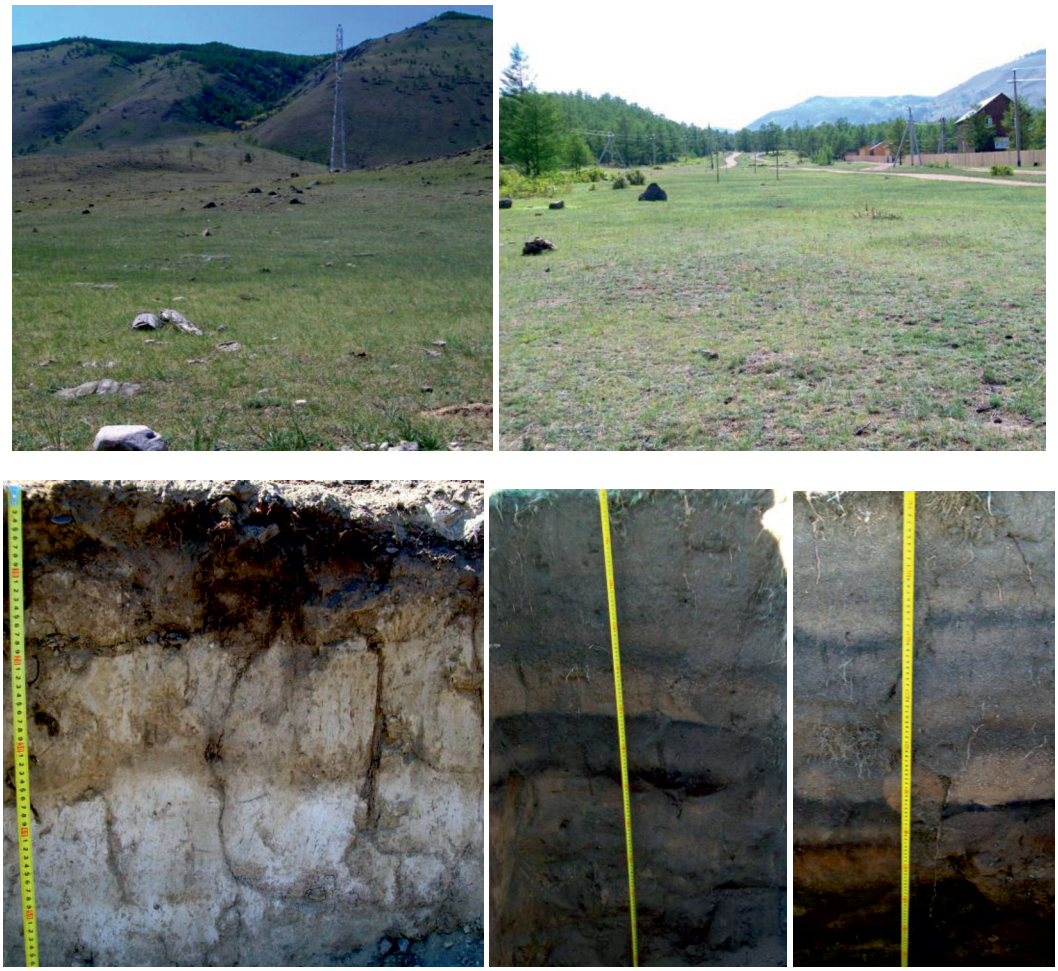

Рис. 2. Следы изменений климата и геодинамической активности в Приольхонье по разрезам: а – «Сарма-1», б – «Арык»

Делювиальные стратифицированные отложения и погребенные почвы рассмотрены на примере разрезов «Сарма-1» и «Арык» (см. Табл. 1 и рис. 2). Современные почвы здесь находятся под осоково-типчаково-холоднополынной степью с разнотравьем. В строении разреза представлено множество слоев погребенных почв, делювия и пролювия, которые сформировались в результате высокой геодинамической активности и резких изменений климата. В строении голоценовой толщи можно выделить две части: нижнюю, преимущественно делювиальную, и верхнюю – преимущественно пролювиальную. Голоценовая часть разреза (мощностью до 1,3 м) по сравнению с сартанской имеет хорошо выраженную слоистость и более темную окраску, обусловленную меньшим содержанием карбонатов и наличием гумусовых горизонтов. Все почвы, сформированные в раннем и среднем голоцене относятся к слаборазвитым. За исключением почвы среднеголоценового возраста суббореального периода (SB-2, на глубине 55–65 см). На глубине 65-70 см имеется погребенный перегнойный горизонт, который сформировался в атлантическом периоде вследствие потепления и возрастания количества атмосферных осадков. Поздний голоцен представлен черноземом маломощным. Его формированию способствовала оптимизация климатических условий. Следы похолодания климата выражены в виде криогенных гумусовых жил,

образованных в более ранний суббореальный период (SB-1).

Теперь перейдем к анализу и новых и ранее полученных результатов, на основе которых составим схему палеогеографических событий Приольхонья в голоцене.

Комплексный анализ и радиоуглеродное датирование отложений и погребенных почв, вскрытых в разрезах «Кучелга-2», «Сарма-1», «Арык» позволил выделить несколько последовательных этапов почвообразования и осадконакопления и соответствующие им изменения природной среды и климата для голоцена Приольхонья. К рубежу позднеледниковья и раннего голоцена отнесена литогенная сухомерзлотная почва, профиль которой сложен оторфованными тонкослоистыми горизонтами и линзами, перекрывающимися щебенисто-песчаными отложениями, что позволяет предположить неоднократные и резкие смены ландшафтных условий во время их формирования. Заметное отличие залегающих выше отложений и почв по морфологическим признакам, литологическим и физико-химическим свойствам объясняется качественно иными условиями осадконакопления и почвообразования и индицирует границу между позднеледниковьем и голоценом. Затем наступил собственно голоцен, который мы рассмотрим по периодам.

Таблица 1

Природно-климатическая ситуация в Приольхонье по анализу изученных разрезов

Горизонты	Глубина, см	Возраст	Генезис отложений	Климатические условия	Геоморфологическая ситуация
Разрез «Сарма-1»					
AU/BCA	0-20 (25)	SA/SB/AT/ BO/PB/ DR/AL	Суглинки и супеси с примесью эолового и десерпционного материала	Субаридные, аридные	Осыпи, обвалы, эоловые процессы
Cca	20-40	Sr^3	Делювиальные и делювиально-эоловые суглинки	Усиление ветровой деятельности	Слабая дефляция
BCA/Cca_1	40-45	Sr^3/Sr^4	Делювиальные делювиально-эоловые и лессовидные суглинки	Небольшое потепление на фоне похолодания	
Cca_1	45-70	Sr^4	Лессовидные суглинки, белесоватые от обилия карбонатов	Сильное похолодание на фоне аридизации	Эоловые процессы, морозобойное трещинообразование
Разрез «Арык»					
$AU_1/B_1/AU_2/B_2/AU_3/C_3$	0-55	SA-3/SA-2/ SA-1	Делювиальные и делювиально-эоловые суглинки	Некоторая аридизация климата, усиление ветровой деятельности	Усиление дефляции, активизация обвалов и осыпей
AU_4/BC_4	55-65	SB	Делювиальные суглинки	Оптимизация увлажненности и теплообеспеченности	
AH/BC_5	65-70	AT	Преимущественно делювий	Потепление на фоне похолодания	Повышение уровня грунтовых вод
$C_6/B/C_7$	70-120	BO/PB/DL/ AL	Делювий, пролювий.	Климат существенно теплее, чем в сартане, но холоднее, чем в атлантический период.	Слабый криогенез

Предбореальные ландшафты Приольхонья не получили значительного увлажнения несмотря на существенное потепление климата в начале этого периода и активное таяние многолетнемерзлых пород. Переувлажнение было характерно только для

пониженных участков, о чем свидетельствует формирование в таких условиях слаборазвитых оторфованных почв. Резкое потепление и грубообломочный материал подстилающих отложений способствовали быстрой деградации мерзлоты и стоку талых вод. В результате елово-лиственничные редколесья и кустарниково-моховые тундровые ценозы довольно быстро замещались лугово-степными. Похолодание климата в финале предбореала привело к лито- и ксерофитизации растительного покрова, замедлению почвообразования, активизации склоновых геоморфологических процессов и уничтожению слаборазвитых почв. В целом, согласно педологическим данным Приольхонье в отличие от остальной территории Прибайкалья в начале голоцена характеризовалось большей остепненностью.

Раннеголоценовый этап осадконакопления в разрезах «Кулура 1», «Харга 2» и некоторых других представлен слоем пылевато-песчано-хрящеватого материала и неокатанного щебня с неровной нижней границей (крупные карманы), подстилающим датированные радиоуглеродным методом среднеголоценовые отложения и палеопочвы. Карбонатные корки и натеки, покрывающие обломки, формировались в условиях переувлажнения деятельного слоя в теплые сезоны года вследствие близкого залегания мерзлоты и длительного его нахождения в мерзлом состоянии, что обусловило интенсивное вымораживание карбонатов из почвенных растворов и их дальнейшую криогенную денатурацию.

Бореальный период Приольхонья характеризовался широким распространением лугово-степных сообществ, замедлением десерпции и делювиального сноса. Палиноспектры этого времени указывают на преобладание в составе травянистого покрова полыни, маревых и наличие эфедры. Похолодание в конце бореала, которое зафиксировано узкими криогенными трещинами в отложениях, активизировало склоновые процессы. Бореальный период можно рассматривать как начало становления высотно-поясной дифференциации ландшафтов вследствие устойчивого ослабления континентальности климата, которое было обусловлено повышением среднегодовых температур воздуха, увеличением инсоляции дневной поверхности и количества атмосферных осадков. Это привело к прогрессирующей деградации мерзлоты и формированию почвенного покрова в предгорьях и на склонах Приморского хребта, на Приольхонском плато. На побережье Байкала были представлены подгорные степные сообщества в сочетании с березово-лиственничными редколесьями и горно-таежными лиственничными лесами с сосной и кедром.

Атлантический период Приольхонья в самом его начале характеризовался доминированием степных растительных сообществ и лишь к среднеатлантическому этапу можно отнести широкое распространение лесных ландшафтов на водораздельно-склоновых местоположениях предгорий, смещение степных ландшафтов в межгорные понижения и на подгорные шлейфы. Под степными растительными сообществами отмечается развитие почв с хорошо выраженным гумусовым профилем, а под лесными – формирование буроцветных иллювиальных горизонтов. Для среднеатлантического этапа отмечается максимальное гумусонакопление в почвах. На позднеатлантическом этапе на месте современных мезоксерофитных редколесных светлохвойных лесов получили распространение таежные мезофитные мелколиственно-светлохвойные леса преимущественно березово-сосновые с лиственницей разнотравные с папоротниками. На делювиальных шлейфах и в нижних частях склонов распространялись участки злаково-разнотравных степей.

Среди процессов почвообразования в атлантический период преобладали гумусонакопление, карбонатизация и лессиваж. Судя по погребенным гумусовым горизонтам из разрезов «Кулура-1», «Кучелга-2», «Харга-2», «Арык», почвы отличались наибольшей мощностью гумусово-аккумулятивной толщи, высокой гумусированностью, непрочной структурой и выраженной порозностью, обилием карбонатных новообразований, гуматным типом гумуса, повышенным содержанием крупной пыли, наименьшей для всего голоцена защебненностью с преобладанием сильно выветрелых обломков дресвы и щебня и, в целом, высокой степенью проработанности почвенными процессами. Вместе с тем, морфологические и физико-химические различия этих почв указывают на то, что характер почвообразования стал постепенно меняться, а скорость осадконакопления возрастала.

В целом отложения атлантического периода осадконакопления сложены химически слабоизмененным каменисто-песчано-супесчаным, хрящевато-песчаным и грубообломочным щебнистым материалом. Выветривание происходило при доминирующем действии физических процессов, несмотря на существенное потепление и увлажнение климата, что создавало благоприятные условия для биогеохимических процессов. Преобладание песчаной и крупнопылеватой фракций при очень низком содержании илистой фракции свидетельствует о сильном

промерзании почв зимой и криогенном преобразовании их минеральной составляющей вследствие попеременного промерзания/протаивания в ходе неоднократных циклов заморозков/оттепелей на поверхности почвы.

Рубеж атлантического и суббореального периодов знаменуется активизацией денудационно-аккумулятивных процессов и выражается перерывом в почвообразовании. Господствовали горно- и подгорно-таежные, преимущественно светлохвойные ландшафты, о чем говорит преобладание в отложениях пыльцы древесных растений (45–90%) при доминировании пыльцы сосны обыкновенной в составе палиноспектров торфяника «Подгольцовый» (рис. 3), приуроченного к подгольцовому ярусу Приморского хребта.

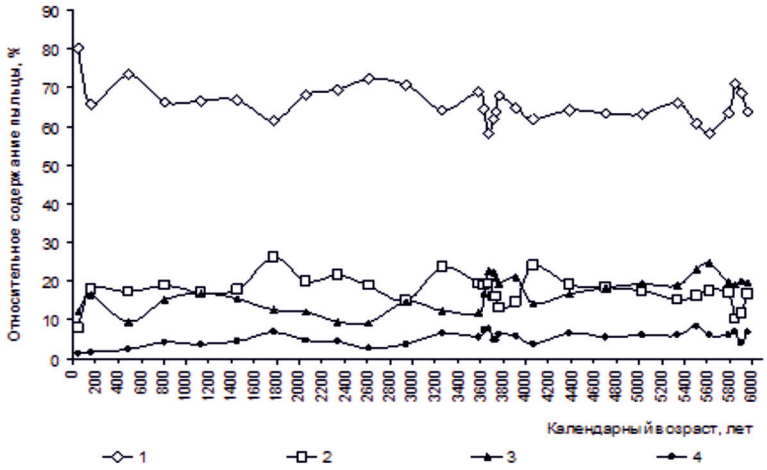

Рис. 3. Общее содержание пыльцы и спор по группам растений в спорово-пыльцевых комплексах торфяника «Подгольцовый» Пыльца: 1 – древесных растений, 2 – кустарников, 3 – трав и кустарничков, 4 – споровых растений

Суббореальный период Приольхонья охарактеризован по составу спорово-пыльцевых спектров торфяника «Подгольцовый» и индицирует широкое распространение березы и, в меньшей степени, лиственницы на ранее незалесенных местоположениях, тогда как в травянистом покрове в лесах постепенно нарастало обилие видов-ксерофитов. Очевидно, что прогрессирующие похолодание и наличие обширных незалесенных территорий способствовало расселению березы как типичного эксплерента. Раннее суббореальное резкое похолодание климата в предгорьях Приморского хребта и на Приольхонском плато проявилось в заметном увеличении доли пыльцы разнотравья, злаков и полыни в составе спорово-пыльцевых спектров торфяников из разрезов «Кучелга» и «Безымянный». Это свидетельствует о существенном расширении площади степных ландшафтов с доминированием криоксерофильной растительности. Большое развитие в составе средней тайги получили мелколиственные породы, представленные в основном березой. Но, вместе с тем, наблюдается и постепенное увеличение роли таежной растительности (рис. 4).

С началом этапа среднесуббореаального относительного потепления связан рост содержания пыльцы сосны, кедрового стланика и, в меньшей степени, лиственницы, ели и пихты при уменьшении пыльцы кедра и березы в спорово-пыльцевых спектрах торфяника «Подгольцовый», что указывает на расширение площади лесов. Но к середине суббореального периода площадь коренных таежных лесов Приольхонья начинает сокращаться, в т.ч. по причине довольно быстрого их замещения производными лесами с доминированием березы. Это фиксируется наименьшим содержанием пыльцы сосны и максимальным – березы. Кроме того, этот временной интервал отличается практически минимальным для всей второй половины голоцена содержанием пыльцы ели, пихты и кедра.

Свойства погребенных почв в разрезах «Кулура-1» и «Кучелга-2» говорят о том, что результатом среднесуббореального этапа почвообразования было формирование гумусово-аккумулятивных почв с гумусом фульватно-гуматного типа с более высоким содержанием обменных оснований, карбонатов и органического вещества, чем на атлантической и субатлантической стадий почвообразования. Основные генетические признаки почвенных горизонтов, сформированных в первой половине суббореального периода, указывают на то, что почвообразование протекало в условиях достаточной теплообеспеченности, но при большом дефиците увлажнения. Поэтому и максимум гумусонакопления, и формирование темноо-

крашенных (черных) гумусовых горизонтов с высоким исходным содержанием органического углерода (около 6%), связанного в органо-минеральные комплексы с кальцием, по всей видимости, является следствием обильного поступления в почву остатков злаковой растительности в относительно сухих, но достаточно теплых условиях. Очевидно, на этом этапе почвообразования под разнотравно-злаковыми и злаковыми растительными ассоциациями в ландшафтах всего западного побережья озера Байкал развивались почвы, сопоставимые с современными черноземами обыкновенными с интенсивными процессами накопления гумуса, обменных оснований и биогенных зольных элементов.

На протяжении позднесуббореального этапа происходит увеличение площади коренных таежных лесов всего Западного Прибайкалья, что отчетливое фиксируется повышением количества пыльцы сосны и кедра в торфяниках. При этом относительно большую долю в структуре лесов Приольхонья составляла береза, но усилилась также позиции сосны. В предгорьях и на маломорском побережье Байкала были развиты осоковые, злаково-полынные и разнотравные растительные сообщества, крутые склоны занимала петрофитная растительность, а в долинах рек повсеместно встречалась ель и душекия.

До сих пор считалось, что максимум суббореальной фазы аридизации в Приольхонье проявился примерно 4100–3800 лет назад: песчаные прослои в почвах, уменьшение их гумусированности, появление каштанового оттенка в окраске гумуса. Наши данные показывают, что последующий этап нарастания континентальности климата, начало которого в Приольхонье зафиксировано эпизодом похолодания около 3500-3300 лет назад, также отражен в ослаблении процессов гумусообразования и гумусонакопления, и кроме того сопровождается сменой характера почвообразования, активизацией эрозионных и криогенных процессов. Следует отметить, что именно со второй половиной суббореального периода сопоставляется новейший этап активизации мерзлотных процессов с развитием морозобойных трещин в рыхлых отложениях, вымораживанием и выталкиванием камней на поверхность. С этой стадией сопоставляется образование мощной подземной наледи гидролакколита Мухорский, который активно деградирует в настоящие время.

В целом на протяжении суббореала на Приольхонском плато и побережье Байкала широкое распространились разнотравно-злаково-полынные ландшафты в сочетании со злаково-разнотравными лиственничными редколесьями. Петрофитные фации с доминированием плаунков занимали значительно меньшие площади по сравнению с атлантическим периодом. На Приморском хребте были распространены полидоминантные темнохвойно-светлохвойные ландшафты – сосново-лиственничные и кедрово-лиственничные с елью и пихтой, а также мелколиственно-светлохвойные растительные сообщества.

Субатлантический период Приольхонья вначале был относительно прохладным с неравномерным увлажнением. Преобладали сосново- и кедрово-лиственничные леса, широкое распространение имела береза и злаково-полынные ассоциации. В среднегорных ландшафтах сократилась доля ели, лиственницы и возросло обилие кустарниковой березки. Затем произошло усиление роли кедра, а несколько позднее – пихты и лиственницы, что говорит о непродолжительном подъеме верхней границы горно-таежного пояса в ходе кратковременного потепления. Происходило оптимальное развитие темнохвойной кедровой тайги с участием березы в условиях достаточной влагообеспеченности, когда кедровый комплекс занимал территории, сопоставимые по площади со светлохвойными лесами. Широкое распространение кедра и пихты в горно-таежном поясе Приморского хребта, сосняков травянистых с участием лиственницы в его предгорьях, обширных лиственничников на Приольхонском плато, ели и мезофитной луговой растительности в речных долинах наглядно демонстрируют отклик ландшафтов на короткий этап похолодания и повышения атмосферного увлажнения в начале субатлантического периода.

Затем около 2000–1800 лет назад на Приморском хребте прослеживается устойчивая тенденция распространения горно-таежных лесов с кедром и пихтой и замещение криоксерофитов на луговое разнотравье на Приольхонском плато. В итоге около 1500–1300 лет назад происходит перестройка ландшафтной структуры, что проявилось не только в замещении сосняков кедровыми с пихтой лесами, но и в снижении нижней границы темнохвойной тайги и локальном распространении сосново-кедровых фаций в предгорьях. Смена ландшафтной обстановки свидетельствует о повышении тепло- и влагообеспеченности ландшафтов, которое также отразилось в стабилизации гидрологического режима и возрастании скорости торфонакопления (рис. 5). Спорово-пыльцевые спектры торфяников свидетельствуют об увеличение пыльцы кедра, ели, пихты и уменьшение пыльцы сосны и березы в интервале 1500–1200 лет назад, что указывает не только на рост площади горно-таежных кедровых лесов с пихтой

и долинных ельников, но и на внедрение лиственнично-кедровых лесов в подгольцовый ярус Приморского хребта. Одновременно в травянистом покрове отмечается снижение злаково-полынных ассоциаций и повышение обилия маревых. Очевидно, климат Приольхонья в это время отличался от современного более высокими зимними температурами и большим годовым количеством атмосферных осадков.

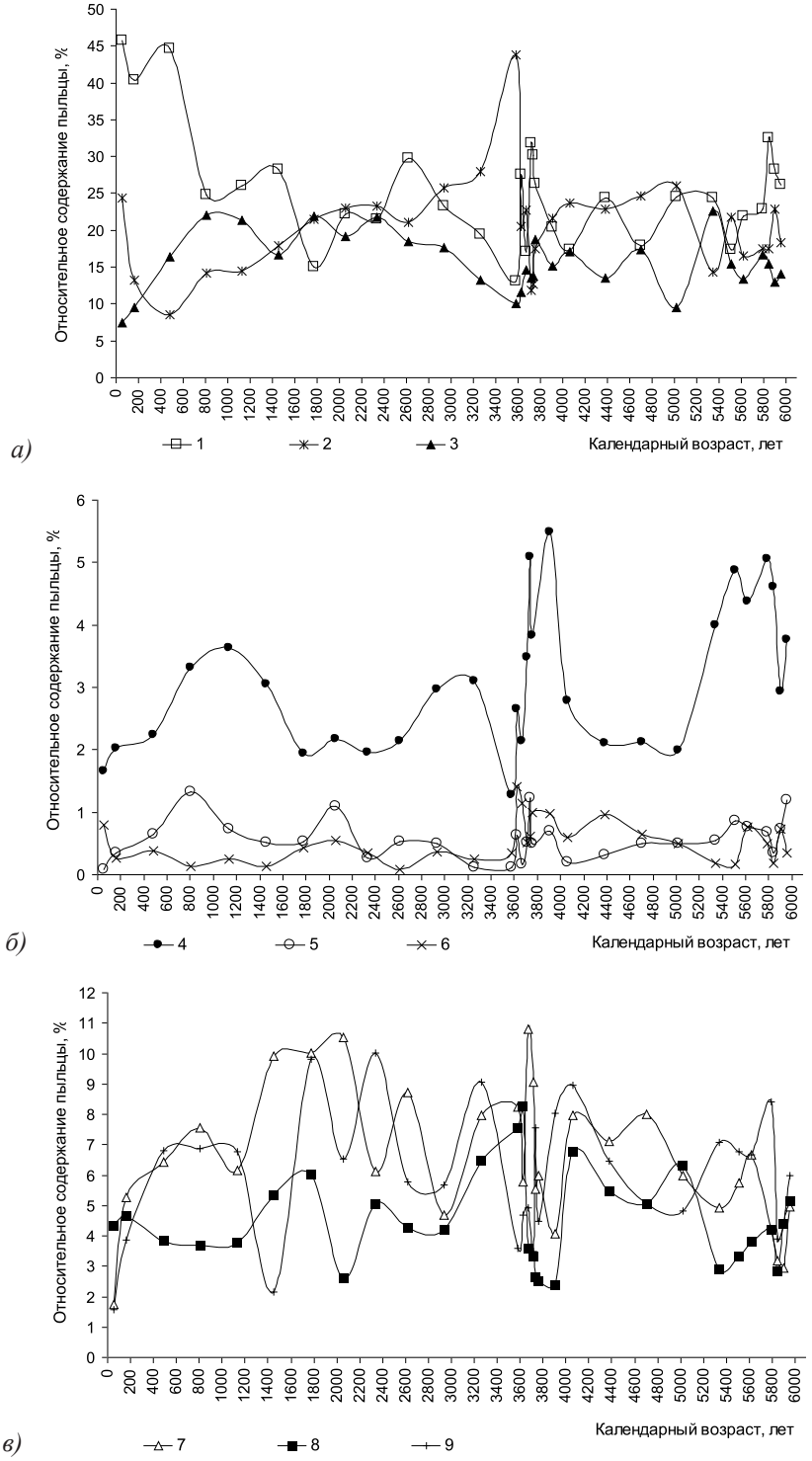

Рис. 4. Состав восстановленной растительности Приморского хребта: а-б – лесообразующие древесные породы: 1 – сосна обыкновенная (Pinussylvestris), 2 – береза (Betulasect.Albae), 3 – кедр (Pinussibirica), 4 – ель (Picea obovata), 5 – пихта (Abiessibirica), 6 – лиственница (Larixsp.); в – кустарники: 7 – березка кустарниковая (Betulasect. Nana), 8 – душекия кустарниковая (Duschekiafruticosa), 9 – кедровый стланик (Pinusputmila)

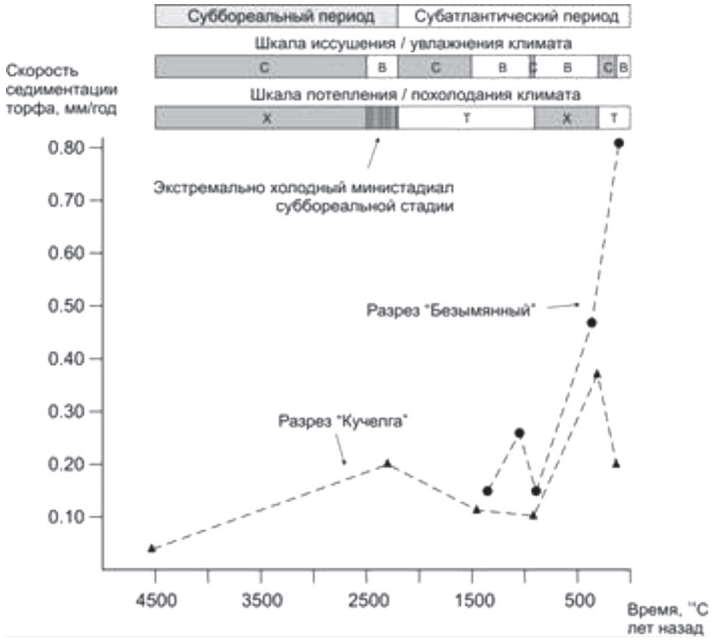

Рис. 5. Скорость торфонакопления и шкала соотношения тепло- и влагообеспеченности ландшафтов Приольхонья (В – влажно, С – сухо, Х – холодно, Т – тепло) в позднем голоцене, восстановленная по торфяникам нижней части долины р. Кучелга

В интервале 1300–900 лет в связи с резким похолоданием и иссушением климата наблюдается сокращение площади лесов при доминировании сосняков в их структуре, а в видовом составе травянистого яруса – постепенный рост доли осок и папоротников. Около 1300 лет назад произошло довольно быстрое расселение сосны обыкновенной при одновременном значительном сокращении площади темнохвойных и мелколиственных лесов. Уменьшение участия сфагновых мхов в спорово-пыльцевых спектрах говорит об изменении гидрологического режима территории. Около 1000 лет назад еще более резко сократилась площадь темнохвойных лесов, в растительных сообществах получают широкое распространение кустарниковые березки, полыни, маревые и осоки. В это же время активизируется делювиальный снос склоновых отложений в предгорьях.

В интервале 900–300 лет назад тенденция замещения кедровых лесов лесами с доминированием сосны и лиственницы усиливается. Происходит внедрение в среднегорный ярус кустарниковых березок, ольхи и кедрового стланика, расширение долинных ельников и степных ксерофитных фаций. Выявлен ряд непродолжительных флуктуаций характера растительности (Табл. 2). Так, примерно 800–600 лет назад процесс похолодания и иссушения климата несколько замедлился, но 600–350 лет назад опять возобновился и определил снижение участия темнохвойных кедровых с пихтой фаций в структуре горной тайги при общем сокращении доли таежных ландшафтов. Кустарниковая ольха и кедровый стланик активно проникают в среднегорный ярус, в составе степных фаций возрастает количество лютиковых, василистников, полыней, свидетельствующих об иссушении климата. Корреляция с известными мировыми палеогеографическими материалами дает основание рассматривать происходящие структурные изменения как отклик местных ландшафтов на глобальное резкое похолодание Малого ледникового периода.

Резкое увеличение содержания пыльцы сосны около 500–400 лет назад, проявленное в спорово-пыльцевых спектрах торфяника «Подгольцовый», говорит об усилении средообразующей роли сосны и фиксирует очередной этап преобразования структуры лесов региона – смену кедровых сообществ сосновыми и сосново-лиственничными с березой и осиной. Последующее уменьшение лесистости с замещением коренных таежных светлохвойных и темнохвойных лесов вторичными светлохвойно-мелколиственными с доминированием березы сопровождается более широким распространением лишайниковых ассоциаций и увеличением площади каменистых пустошей в горно-тундровых ландшафтах Приморского хребта. Состав растительности болот приобретает современный облик.

Кратковременный плювиальный эпизод ландшафтообразования в Приольхонье 350–250 лет назад, зафиксированный

в спорово-пыльцевых спектрах торфяника «Кучелга-1», выглядит контрастом на фоне общей аридизации Прибайкалья. Для этого времени нами реконструировано также расширение площади кедровых лесов с участием пихты, сокращение ерников и распространение мезофитного разнотравья, что указывает на максимальную влагообеспеченность за последние 1000 лет и, возможно, объясняется повышением количества атмосферных осадков при невысоком эффективном испарении.

Таблица 2

Реконструкция ландшафтной структуры позднего субатлантического периода

Временной интервал, лет назад	Доминирующие ландшафты		
	Приморский хребет	Предгорья Приморского хребта	Приольхонское плато
100–300	Кедрово-сосновые, сосново-лиственничные и мелколиственные	Лиственничные с сосной, мелколиственные	Лиственничные разреженные и редкостойные остепненные в сочетании с полынно-разнотравными и разнотравно-злаковыми
300–600	Кедровые с елью, сосново-лиственничные, мелколиственные	Сосново-лиственничные, мелколиственные	Злаковые и разнотравно-полынные в сочетании с лиственничными остепненными рединами
600–1100	Кедровые с пихтой, кедрово-сосновые	Сосновые с кедром, лиственнично-сосновые, мелколиственно-светлохвойные	Светлохвойные редкостойные остепненные в сочетании с разнотравно-злаковыми и злаковыми
1100–1400	Пихтово-кедровые и кедровые	Кедрово-сосновые, сосновые	Сосновые, лиственничные разреженные остепненные с участием разнотравных и злаково-разнотравных

На этапе 250-130 лет назад продолжает возрастать роль светлохвойных сосновых, лиственничных и мелколиственно-светлохвойных растительных сообществ в горной тайге, ксерофитизация предгорных и подгорно-котловинных светлохвойных и степных ландшафтов, активизация эрозионных процессов и делювиального сноса. Тенденция к замещению темнохвойных ландшафтов светлохвойными и мелколиственными на фоне расширения ксерофитных и петрофитных степей имела место и ранее. Причиной этому стала сложившаяся в то время специфическая ландшафтная обстановка в Приольхонье, которая была кумулятивным следствием, прежде всего, антропогенных факторов преобразования окружающей природной среды – частых крупных пожаров и активной сельскохозяйственной деятельности человека, наложенным на естественные климатически обусловленные флуктуации растительности и ландшафтов в целом. И если около 130 лет назад наметилась природная тенденция к повышению доли кедра в структуре горно-таежных ландшафтов, тем не менее, активное замещение коренных таежных лесов производными березняками и светлохвойно-мелколиственными лесами продолжало нарастать из-за устойчивого и все более усиливающегося антропогенного воздействия на ландшафты.

Для субатлантического почвообразования следует сказать, что его специфика отражена в более низком содержании гумуса, сравнительно меньшем содержании обменного кальция, окиси кремния и полуторных окислов, относительно большей аккумуляции карбонатов кальция в коррелятных почвах. Тип гумуса варьирует от фульватного до гуматно-фульватного и отражает лесной и степной тип почвообразования соответственно. Нижняя граница гумусовых горизонтов часто имеет крупнокарманную или мелкоязыковатую форму. Сходство современных и субатлантических почв свидетельствует о том, что характер почвообразования в Приольхонье в это время кардинально не изменялся.

Резкие кратковременные колебания климата, обуславливая смены доминирующей растительности и изменение характера и/или интенсивности геоморфологических процессов, определили чередование этапов почвообразования с этапами осадконакопления, о чем свидетельствуют погребенные почвенные горизонты, которые перемежаются с делювиально-пролювиальными слоями различной мощности и

рыхлыми отложениями переходного почвенно-литогенного генезиса (рис. 6). В погребенных почвах отмечается резко выраженная слоистость, многократные колебания состава и свойств горизонтов, эоловые песчаные прослойки и следы дефляции. Хозяйственная деятельность в Приольхонье способствовала активизации геоморфологических процессов, литоморфизации и ксерофитизации ландшафтов, тем самым, обуславливая формирование петроземов, литоземов и светлогумусовых органо-аккумулятивных почв, доминирование которых в современной структуре почвенного покрова типично для всей центральной части Приольхонья.

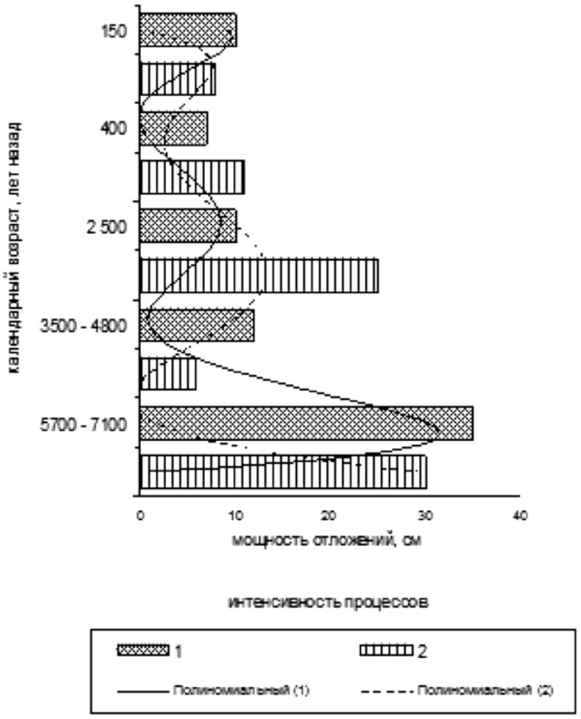

Рис. 6. Восстановленная хронология этапов почвообразования (1) и активизации денудационно-аккумулятивных процессов (2) в предгорьях Приморского хребта.Полиномиальные тренды: 1 – почвообразование, 2 – денудационно-аккумулятивные процессы

Отдельного рассмотрения заслуживает проблема геодинамической активности в Приольхонье. Судя по результатам изучения отложений разреза «Харга-2», заложенного на водораздельно-седловинной поверхности в предгорьях Приморского хребта, и разреза «Сарма-2», заложенного в присклоновой части Приморского хребта, можно предположить, что непродолжительные эпизоды повышенной геодинамической активности имели место в Приольхонье. Вероятно, кратковременный этап тектонической активизации происходил около 18000–15500 лет назад в интервале относительного потепления климата позднеледниковья и распространения древесной растительности. В это время продолжительность ледостава на мелководных заливах Малого моря значительно сократилась, произошло снижение уровня озера, обнажились широкие прибрежные равнины. Именно после этого эпизода стали накапливаться характерные тонкослоистые ритмичные горизонты из низов разреза «Харга 2». Специфические стратиграфические особенности этих отложений в условиях спокойной геодинамической обстановки как раз и свидетельствуют о неустойчивом климате позднеледниковья, когда происходило чередование коротких периодов потепления/похолодания и увлажнения/иссушения климата.

Согласно имеющимся в литературе данным, активизация геодинамических процессов в голоцене для территории Прибайкалья и в целом Байкальской рифтовой зоны началась после 10500 лет назад в виде локальных сбросов в зоне Приморского разлома (эскарп и предгорья Приморского хребта), свидетельство чему – серия рвов и денудированных уступов в районе реки Сармы [9]. Позднее, около 9100–8300 лет назад, активизировались сдвигово-сбросовые разломы северо-западного простирания на границах грабенов, которые зафиксированы в рыхлых отложениях на южном берегу залива Куркут в Приольхонье [6, 1].

На заключительном этапе активных тектонических движений, около 7200 лет назад, согласно нашим данным по разрезу «Харга-2», активизировались сдвиговые дислокации в предгорьях Приморского хребта. Причем, если в предыдущих исследованиях сейсмогенная природа дислокаций и трещин в голоценовых отложениях может быть поставлена под вопрос в связи с гравитационным фактором (разрезы располагаются на крутых склонах или под ними), то разрез «Харга-2» располагается на плоской седловинной поверхности, геоморфологическая позиция которой не позволяет гравитационным процессам сколько-нибудь существенно влиять на деформацию осадочной толщи.

Хронологическая схема чередования периодов геодинамической активности и стабильности для голоцена Приольхонья может быть следующей. Геодинамическая активность в интервале 10500–8300 лет назад привела к формированию эрозионного уступа (преимущественно вертикальные тектонические движения), отделяющего позднеплейстоценовые террасы от поверхности высокой поймы на реках Прибайкалья, на которой рыхлые отложения накапливались в интервале атлантического периода голоцена. Следовательно, 8300–7200 лет назад в районе разреза «Харга-2» в зоне Приморского разлома активизировались только локальные горизонтальные тектонические движения, а геодинамический режим финала атлантического периода отличался стабильностью, что наряду с климатическими факторами способствовало формированию хорошо развитых текстурно-дифференцированных почв, фрагменты которых мы и наблюдали в разрезе «Харга-2». В суббореальный период голоцена, согласно гранулометрическому и литологическому анализу отложений из разреза «Харга-2», вновь наступает эпоха активизации геодинамический процессов, но степень этой активности была гораздо ниже, чем в раннем голоцене. Видимо поэтому рыхлые отложения суббореального возраста не содержат следы собственно разрывных деформаций. В субатлантическое время наметилась отчетливая тенденция к относительной стабилизации геодинамических процессов.

Заключение

Многочисленные палеогеографические данные свидетельствуют о том, что в Приольхонье, как и во всем Западном Прибайкалье, на протяжении голоцена имели место разнонаправленные климатические колебания различной периодичности и амплитуды, что вызывало неоднократные изменения характера растительности, почв, геоморфологических процессов и, в конечном итоге, общую трансформацию ландшафтов.

Потепление начала голоцена привело к протаиванию и проседанию рыхлого материала в морозобойные трещины сартана. Сформировался хорошо выраженный бугристо-западинный рельеф, многочисленные термокарстовые озера, связанные между собой протоками. Климат этого времени был теплее сартанского, но заметно холоднее атлантического и сходен с современным климатом Центральной Якутии с широким распространением аласных ландшафтов. Предбореальный и бореальный периоды характеризовались слабым развитием процессов почвообразования, широким распространением оглеенных почв. Несмотря на потепление, все еще господствовали холодные степи с полынью, плаунами и карликовой березой, лесостепи, встречались редкие леса на водоразделах. Похолодание бореального периода привело к локальному развитию криогенных трещин в предбореальных почвах. Климат был холодным и сухим, что определило доминирование в ландшафтах степей и луговых степей с островными светлохвойными лесами.

Атлантическое время 10000–6000 лет назад отождествляется с эпохой формирования отложений высокой поймы рек. Поверхность высокой поймы образует широкие плоские днища речных долин, а от плейстоценовых террас отделена эрозионным уступом. В атлантический период начался этап заметного потепления и увлажнения климата, происходило протаивание и прогревание грунтов, на что указывают следы активной деятельности роющих насекомых и мелких млекопитающих и радиоуглеродные датировки культурных слоев. Существенно увеличились площади светлохвойных лесов, в ландшафтах появились ель, кедр и пихта, среди спор увеличилось содержание сфагнума, плаунов лесных видов и папоротников. На склонах и конусах выноса сформировалась высокогумусированная пачка отложений. Лес занимал водоразделы и склоны, что отражено в фациальном замещении высокогумусированных горизонтов вверх по склонам буроцветными горизонтами «В» лесных почв, но спускался на более низкие отметки рельефа, чем сейчас.

Первая половина суббореала 6000–4600 лет назад – это фаза аридизации и похолодания климата. В склоновых отложениях появляются песчаные слои, уменьшается

гумусированность почв, возникает каштановый оттенок в окраске гумуса, часто обнаруживаются следы пожаров. В период завершения формирования высокой поймы 6000–5600 лет назад речной сток был значительно сокращен, либо носил сезонный характер, что имело место вплоть до 3200 лет назад. С резко континентальным холодным климатом первой половины суббореального периода связана регрессия вод Байкала. В ландшафтах доминируют сначала сухие и луговые степи, а затем в интервале максимальной аридизации 5300–4900 лет назад – сухие и полынные степи, пыльца древесных пород отмечается единичными зернами. Среди спор доминируют плаун сибирский и кроваво-красный – обитатели сухих скальных субстратов. Коротким, но на фоне высокой аридности выразительно холодным был интервал 3800–3600 лет назад, когда в осадках отразилась мелкая полигональная трещиноватость, а в спорово-пыльцевых комплексах преобладала полынь (85%). В конце суббореального периода 3500–3000 лет назад потеплело, повысилась влажность климата, а под лугово-степной растительностью сформировался высокогумусированный горизонт мощностью до 10 см. После 3200 лет назад началось формирование низкой поймы на реках Приольхонья. Ее мощность достигает 0,7–1,2 м, что говорит о высоких скоростях аккумуляции. Увеличиваются максимальные значения паводков на крупных реках, о чем свидетельствуют покровы современных осадков на поверхности высокой поймы.

Начало субатлантического периода связано в целом с потеплением 3000–2600 лет назад, но потом наступил эпизод нового похолодания и иссушения климата 2600–2200 лет назад. Широкое развитие получили эоловые процессы, приведшие к накоплению песчаных слоев, перевеянных песков и дюн высотой до 4 м. Сформировались дефляционные формы рельефа, а в рыхлых отложениях отмечаются следы криогенного трещинообразования и мелких трещин усыхания. Содержание спор возрастает до 55%, в ландшафтах преобладают сухие степи. Потепление и увлажнение климата произошло 2200–1500 лет назад, Roman Warm Age (в западноевропейской терминологии по хроноклиматической стратиграфии), когда доля пыльцы древесных растений возросла до 30-50%, появилась пыльца ели и пихты, но было еще высоко содержание спор плаунов, пыльцы полыни, камнеломки. Это говорит о сосуществовании горной тайги и степных ландшафтов, что характерно и для современного Приольхонья. Усиление эоловых процессов связано с антропогенной деятельностью. В долинах высокого порядка морфология современных врезов указывает на активизацию эрозионных процессов и увеличение обильности водотоков. Береговые валы современного пляжа на побережье оз. Байкал либо надвинуты на среднеголоценовые осадки I байкальской террасы, либо отделены от них контрастным абразионным уступом, что свидетельствует о повышении уровня Байкала.

В интервале 1500–1100 лет назад наступил очень холодный и сухой климатический эпизод Cold Dark Ages, который был одной из причин упадка цивилизации курыкан – курумчинская культура. На рубеже 1100–1050 лет назад началась новая эпоха потепления и увлажнения климата, проявился средневековый климатический оптимум Medieval Warm Age с максимумами потепления около 1000 и 600 лет назад. Затем наступил Малый ледниковый период, Little Ice Age, который является особой холодной эпохой голоцена и проявился во всех регионах Земли, в т.ч. в Приольхонье в интервале 550–70 лет назад. Тем не менее, после рубежа 160 лет назад началось медленное потепление климата всего Приольхонья, особенно активно проявившееся в последние 70–50 лет.

Список литературы

1. Аржанникова А.В., Гофман Л.Е. Проявление неотектоники в зоне влияния Приморского разлома // Геология и геофизика, 2000. – Т. 41, № 6. – С. 811–818.

2. Безрукова Е.В., Данько Л.В., Снытко В.А. и др. Новые данные об изменении растительности западного побережья озера Байкал в среднем–позднем голоцене // ДАН, 2005. – Т. 401. – № 1. – С. 100–104.

3. Безрукова Е.В., Летунова П.П. Изменение природной среды Приольхонья в среднем – позднем голоцене // Известия ИГУ. Серия «Геоархеология. Этнология. Антропология», 2012. – № 1. – С. 91–105.

4. Белозерцева И.А, Кичигина Н.В, Абалаков А.Д, Дроков В.В, Марышкин Д.И. Особенности химического состава вод и почв в Приольхонье на побережье Байкала // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5–2. – С. 195–196.

5. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд–во Иркутского госуниверситета, 2010. – 205 с.

6. Воробьева Г.А., Горюнова О.И. Ранний–средний голоцен Приольхонья (в свете новых данных) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Изд–во ИАЭТ СО РАН, 1997. – С. 179–183.

7. Данько Л.В. Эволюция почв экотона тайги и степи Прибайкалья // География и природные ресурсы, 2009. – № 4. – С. 17–25.

8. Данько Л.В., Безрукова Е.В., Орлова Л.А. Индикация эволюционно–динамических особенностей развития геосистем Приморского хребта во второй половине голоцена // География и природные ресурсы, 2009. – № 3. – С. 48–55.

9. Макаров С.А. Геоморфологические процессы Приольхонья в голоцене // География и природные ресурсы, 1997. – № 1. – С. 77–84.

10. Кузьмин С.Б., Данько Л.В., Андреева И.О., Безрукова Е.В. Этапы антропогенного воздействия на ландшафты Приольхонья (Западное Прибайкалье) // Известия РАН. Серия географическая, 2006. – № 1. – С. 47–60.

11. Кузьмин С.Б., Данько Л.В., Снытко В.А. и др. Новые данные о природных обстановках Прибайкалья в позднем голоцене // ДАН, 2007. – Т. 412, № 1. – С. 107–111.

12. Кузьмин С.Б., Мехоношин П.А., Данько Л.В. Новые данные о геодинамических обстановках позднеледниковья и голоцена в Прибайкалье // Известия РГО, 2007. – Т. 139. Вып. 3. – С. 45–52.

13. Кузьмин С.Б., Данько Л.В. Палеоэкологические модели этноприродных взаимодействий. Новосибирск: Изд–во «ГЕО», 2011. – 187 с.

14. Кузьмин С.Б., Шаманова С.И. Усовершенствование метода выделения ярусов рельефа на основе его цифровых моделей и характера древесной растительности на примере Западного Прибайкалья // Известия РАН. Серия географическая, 2012. – № 4. – С. 83–92.

15. Кузьмин С.Б., Шаманова С.И., Казановский С.Г. Определение высотной поясности ландшафтов на базе цифровых моделей рельефа и характера дендрофлоры // География и природные ресурсы, 2012. – № 4. – С. 137–149.

16. Скляров Е.В., Солотчина Э.П., Вологина Е. Г. и др. Детальная летопись климата голоцена из карбонатного разреза соленого озера Цаган–Тырм (Западное Прибайкалье) // Геология и геофизика, 2010. – № 3. – С. 303–328.

17. Скляров Е.В., Солотчина Э.П., Вологина Е.Г. и др. Климатическая история го–лоцена Западного Прибайкалья в карбонатной осадочной летописи озера Холбо–Нур // ДАН, 2010. – Т. 431, № 5. – С. 668–674.

18. Солотчина Э.П., Скляров Е.В., Вологина П.А. и др. Климатические сигналы в карбонатной осадочной летописи голоцена озера Намши–Нур, Западное Прибайкалье // ДАН, 2011. – Т. 436. – С. 1–6.

19. Шаманова С.И., Кузьмин С.Б., Казановский С.Г., Плешанов А.С. Особенности географического распространения голубой ели (Picea obovata var. altaica (Tepl.) Kom.) на Хамар–Дабане // География и природные ресурсы. – 2013. – № 4. – С. 73–83.

20. Belozertseva I.A., Kichigina N.V., Abalakov A.D., Drokov V.V., Maryshkin D.I. Modern condition of landscapes in vicinities of the river Sarma at coast of lake of Baikal // European Journal of natural History. – 2014. – № 2. – С. 68–69.

21. Mackay A. W., Bezrukova E. V., Boyle J. F. et al. Multiproxy evidence for abrupt climate change impacts on terrestrial and freshwater ecosystems in the Ol'khon region of Lake Baikal, central Asia // Quaternary International, 2013. – Vol. 290–291. – P. 46–56.

22. Weber A.W., White D., Bazaliiskii V.I. et al. Hunter–gatherer foraging ranges, migrations, and travel in the middle Holocene Baikal region of Siberia: Insights from carbon and nitrogen stable isotope signatures // Journal of Anthropological Archaeology, 2011. – Vol. 30. – P. 523–554.