ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2017, том 96, № 8, с. 973–986

МЕТОДИКА ЗООЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 56.074.6;574.21;593.11;595.423;594

ПРИМЕНЕНИЕ ЗООИНДИКАТОРОВ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ УСЛОВИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ГОЛОЦЕНА В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ НИЗИННОГО БОЛОТА

© 2017 г. И. В. Курьина[1, *], Е. Э. Веретенникова[1], Л. В. Залиш[2], М. Л. Егорова[3], В. Н. Долгин[4], А. В. Удалой[5], Е. А. Головацкая[1]

[1]Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск 634055, Россия

[2]Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск 630090, Россия

[3]Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск 634050, Россия

[4]Томский государственный педагогический университет, Томск 634061, Россия

[5]Центр защиты леса Томской области, Томск 634021, Россия

**e-mail: irina.kuryina@yandex.ru*

Поступила в редакцию 26.07.2016 г.

Исследованы палеокомплексы зооиндикаторов в торфяной залежи низинного болота, расположенного на первой надпойменной террасе р. Бакчар на юге лесной зоны Западной Сибири. Торфяная залежь полностью сложена низинным торфом, имеет возраст 8500 лет. Детальный анализ остатков животных организмов (раковинных амеб, панцирных клещей, моллюсков) выполнен для трех слоев торфа, сформированных в контрастных условиях среды. Выбор слоев торфа для анализа зооиндикаторов осуществлен на основании данных по ботаническому составу торфа и динамике гидрологических показателей: индекса гумификации и глубины уровня болотных вод, реконструированного при помощи ризоподного анализа. Подробное изучение палеокомплексов зооиндикаторов позволило реконструировать условия высокой обводненности на болоте (5900–5400 л. н., проточный режим, и 4000–3900 л. н., застойный режим) и слабой обводненности (4900–4800 л. н.).

Ключевые слова: низинный торф, раковинные амебы, моллюски, панцирные клещи, гидрологический режим, Западная Сибирь

DOI: 10.7868/S0044513417080086

Почвенные животные являются чуткими индикаторами локальных условий среды в почве, при которых они развиваются (Гиляров, 1965). Точность метода зоологической диагностики состояния почвы значительно возрастает при детальном изучении целого комплекса почвенных животных, включающего различные таксономические и экологические группы организмов (Гиляров, 1965). Этот метод имеет большое практическое значение и в палеоэкологических исследованиях профилей торфяных болотных почв для реконструкции условий природной среды, при которых формировалась торфяная залежь. Болотные почвы отличаются специфическим гидротермическим режимом. Тем не менее, для них характерно высокое видовое разнообразие почвенных животных (Боч, Мазинг, 1979). В то же время, для палеоэкологических реконструкций подходят только те группы животных, чьи остатки могут сохраняться в торфяных отложениях болот. К ним относятся преимущественно раковинные амебы, панцирные клещи, моллюски, жуки, личинки двукрылых. Данные группы перечислены в порядке убывания количества их остатков в торфе. Эти организмы используются в той или иной степени для палеоэкологических реконструкций условий природной среды (Бобров, 2003; Schelvis et al., 2005; Limondin-Lozouet et al., 2013; De Klerk et al., 2014; Revelles et al., 2016 и др). Их объединяет высокая сохранность в торфяных отложениях панцирей, раковин, хитинизированных фрагментов тела, по которым можно определять таксономический состав существовавших зооценозов и восстанавливать условия среды в соответствии с экологическими предпочтениями обнаруженных таксонов.

Различия между перечисленными зооиндикаторами во многом определяются тем, что они относятся к разным размерным группам (Гиляров, 1965). Из этого следует, что они занимают различные экологические ниши в окружающей среде и по-разному реагируют на изменения условий местообитания.

Раковинные амебы (Rhizopoda: Testaceafilosea, Testacealobosea) – одноклеточные организмы, населяющие различные типы почв. Они являются представителями почвенной нанофауны (Количественные методы..., 1987), размеры раковинок почвенных видов варьируют от 10 до 300 мкм. Раковинные амебы физиологически являются гидробионтами, в почве они обитают в водных пленках, окружающих почвенные частицы, и прочих подобных микроводоемах. Для них характерны короткий жизненный цикл и соответственно чуткая реакция на самые краткие изменения окружающей среды (Гельцер и др., 1985). В болотных почвах раковинные амебы достигают высоких значений обилия и видового разнообразия (Chardez, 1965; Mitchell et al., 2008). Гидрологические условия среды являются лимитирующим фактором развития этих организмов (Warner, Charman, 1994; Бобров и др., 2002; Blundell, Barber, 2005 и др.). В палеоэкологических исследованиях ризоподный анализ получил широкое распространение в течение последних двух–трех десятилетий в связи с разработкой на его основе методики количественной реконструкции глубины уровня болотных вод в торфяных отложениях болот (Warner, Charman, 1994).

Панцирные клещи (Acariformes: Oribatida) относятся к группе почвенной микрофауны (Количественные методы..., 1987). Размеры этих организмов колеблются в среднем от 0.1 до 1.0 мм. Физиологически орибатиды являются аэробионтами, они населяют воздушные микропространства между почвенными частицами. Лимитирующим фактором развития панцирных клещей является гидротермический режим почвы (Гиляров, 1965). Применение акарологического анализа в палеоэкологических работах позволяет реконструировать степень увлажненности, термический режим и другие особенности верхних горизонтов почвенного профиля, а также косвенно, через почвенные условия, получать характеристики биогеоценоза в целом (Криволуцкий и др., 1990; Solhoy, Solhoy, 2000; Coetzee, Brink, 2003 и др.).

Моллюски (Mollusca) населяют поверхность почвы и надземные органы растений, а также пресноводные водоемы. В отличие от раковинных амеб и панцирных клещей, они не являются истинными геобионтами (Гиляров, 1965). Размеры тела моллюсков варьируют в широких пределах, обычно от 1–2 мм и больше. Они гораздо крупнее почвенных простейших. На болотах встречаются как наземные, так и водные виды моллюсков. Лимитирующим фактором их развития является гидротермический режим среды обитания, не менее важными являются факторы наличия пищи и необходимых минеральных элементов для построения раковины и, прежде всего, соединений кальция (Гиляров, 1965). Моллюски не всегда встречаются в торфяных отложениях болот. Они тяготеют к мезоэвтрофным болотным местообитаниям с высокими значениями показателя pH (Schenkova et al., 2014). Применение малакофаунистического анализа в палеоэкологических исследованиях различных отложений показало его эффективность для реконструкции степени обводненности среды, содержания кислорода, солености воды, гидродинамики, глубины водоема и характера отложений (Poirier et al., 2009; Kulesza et al., 2012; Kurzawska, Kara, 2015 и др.).

Одновременное применение разных методов для анализа одного и того же объекта является важным условием при проведении палеоэкологических исследований (Blundell, Barber, 2005; Loisel, Garneau, 2010). Это позволяет повысить информативность реконструкции условий среды и ее достоверность, так как результаты каждого метода могут быть подтверждены и проверены данными других использованных методов. Данная работа представляет собой одну из первых попыток провести зоологическую диагностику условий среды, существовавших в голоцене, на основании как можно более полного анализа остатков животных организмов, сохранившихся в торфе. Целью нашего исследования является реконструкция особенностей природной среды на низинном болоте при помощи комплекса различных зооиндикаторов (раковинных амеб, панцирных клещей, моллюсков).

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований находится в пределах южнотаежной подзоны Западной Сибири на левобережье реки Обь. Климат умеренно континентальный (Евсеева, 2001). Низинные болота располагаются преимущественно в поймах и на террасах рек. Широкое распространение низинных болот на юге лесной зоны Западной Сибири обусловлено высокой минерализацией грунтовых вод и засоленностью подстилающих пород карбонатами (Уфимцева, 1974). Сильное влияние жестких грунтовых вод в значительной степени сдерживает олиготрофизацию болот в процессе их развития.

Для исследований нами выбран болотный массив “Самара”, расположенный на первой надпойменной террасе левого пологого берега реки Бакчар (рис. 1) (56°55′ с.ш., 82°30′ в.д.). Под болотом Самара подразумевается открытая часть террасного болотного массива, протянувшегося на 40 км вдоль р. Бакчар до ее слияния с р. Галка. Ширина данного болотного комплекса от 0.5 до 2 км. Расстояние до речного русла 200–800 м. Перпендикулярно основному руслу реки болотный массив пересекают внутриболотные ручьи.

Открытая часть болота площадью около 120 га (болото Самара) представлена кустарничково-гипново-осоковой растительной группировкой.

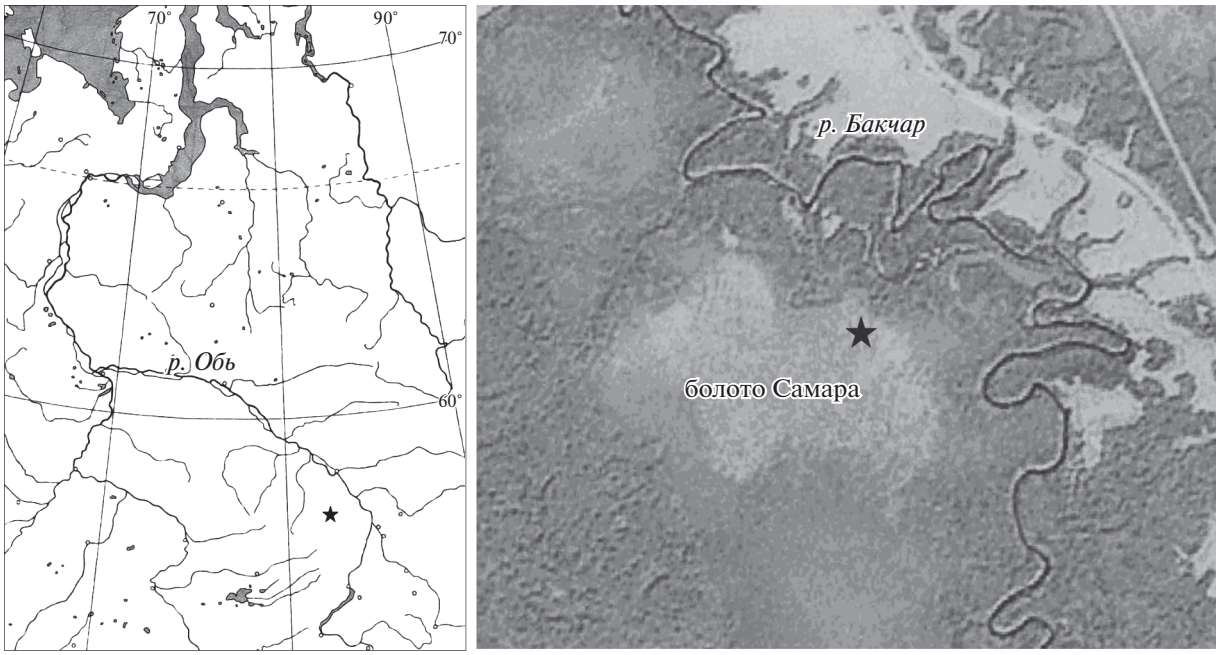


Рис. 1. Карта расположения района и объекта исследований. Звездочкой отмечено место заложения торфяного разреза.

Торфяной разрез заложен на расстоянии 100 м от окраины болотного массива (помечен звездочкой на рис. 1) в ерниково-осоково-гипновом фитоценозе. Мощность торфяной залежи в данной точке 350 см. Торфяные отложения подстилаются карбонатными суглинками и глинами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор образцов торфа на анализ произведен ручным геологическим буром ТБГ–1 в сентябре 2013 года, послойно с интервалом 10 см.

Выбор проб торфа для детального анализа зооиндикаторов сделан на основании данных датирования, ботанического состава торфа и реконструкции динамики локальной увлажненности болота, выполненной по данным ризоподного анализа (показатель глубины уровня болотных вод) и определения степени гумификации торфа (индекс гумификации).

Радиоуглеродное датирование образцов торфа выполнено в лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя в Институте геологии и минералогии СО РАН Л.А. Орловой и в лаборатории биоинформационных технологий ИМКЭС СО РАН Г.В. Симоновой на Quantulus 1220 (табл. 1). Полученные даты были откалиброваны при помощи программы CALIB 7.1. (http://calib.qub.ac.uk/calib/). В дальнейшем по тексту статьи используются данные калиброванного возраста в системе исчисления Before Present (от настоящего времени).

Реконструкция сукцессий растительности на болоте осуществлена на основе ботанического анализа торфа. Этот анализ выполнен Е.М. Волковой (Тульский государственный университет, г. Тула) по стандартной методике (Тюремнов и др., 1977; Кац и др., 1977).

Степень гумификации оценена путем экстрагирования образцов торфа 8%-ным раствором

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования слоев торфа на болоте Самара

№	Глубина, см	Номер лабораторного образца	Данные ^{14}C датирования, лет	Калиброванный возраст, л. н.
1	60–70	ИМКЭС 78	3045 ± 40	3246
2	170–180	ИМКЭС 69	3865 ± 40	4328
3	210–220	ИМКЭС 72	4255 ± 40	4773
4	270–280	ИМКЭС 73	4740 ± 40	5417
5	340–350	СОАН-7879	7620 ± 130	8508

Таблица 2. Характеристика слоев торфа, использованных для анализа зооиндикаторов

Слой торфа	Глубина, см	Возраст, л. н.	Уровень болотных вод, см	Индекс гумификации	Вид торфа
1	280–290	5900–5400	17.87	0.4	Низинный травяной
2	220–230	4900–4800	21.01	0.6	Низинный травяной
3	130–140	4000–3900	18.26	0.4	Низинный осоково-гипновый

щелочи с последующим просвечиванием экстракта на спектрофотометре UV-1601 (PC) Shimadzu при длине волны 540 нм (Chambers et al., 2011). Полученные значения выражались индексом гумификации.

Для ризоподного анализа из каждого слоя торфяного разреза (шаг 10 см) взяты пробы сырого торфа объемом 2–3 $см^3$. Эти пробы промывались через сито с размером ячейки 0.355 мм для отделения крупных растительных остатков. Полученные водные суспензии отстаивали для удаления излишней жидкости, затем объем суспензии доводили до 10 мл (Мазей и др., 2011). Каплю данного раствора просматривали под бинокулярным световым микроскопом при 200–400-кратном увеличении. В каждой пробе насчитывали не менее 300 экз. раковинок амеб, за исключением проб с очень низким содержанием раковинок. Обнаруженные раковинки идентифицировали при помощи определителей (Гельцер и др., 1985а; Мазей, Цыганов, 2006). В каждой пробе вычисляли относительное обилие видов раковинных амеб и концентрацию раковинок в 1 г в. с. в. (воздушно-сухого вещества субстрата).

Расчет уровня болотных вод произведен на основе экологических оптимумов видов раковинных амеб по отношению к этому фактору при помощи переходной функции (ter Braak and van Dam, 1989) (программное приложение PAST 1.87). Экологические видовые оптимумы определены в ходе исследования сообществ раковинных амеб, населяющих данное болото в современных условиях (объем обучающей выборки составил 45 проб с поверхности болота).

Для проведения акарологического анализа панцири клещей извлекали из торфа по методике парафиновой флотации (Криволуцкий, Сидорчук, 2005). Идентификацию клещей проводили при помощи определителей (Определитель ..., 1975; Баяртогтох, 2010). Всего было проанализировано 240 панцирей орибатид.

Для проведения малакофаунистического анализа раковины моллюсков выбирали из торфа вручную, отмывали водой. Определение раковин пресноводных моллюсков осуществляли при помощи бинокулярного микроскопа МБС-10 в комбинации с модернизированным рисовальным аппаратом. Раковины наземных моллюсков идентифицировали при помощи определительных таблиц (Лихарев, Раммельмейер, 1952; Шилейко, 1978, 1984; Шилейко, Лихарев, 1986; Старобогатов и др., 2004). В некоторых случаях для идентификации применяли модифицированный компараторный метод (Старобогатов, Толстикова, 1986): контуры определяемых раковин сравнивали с контурами шаблонов, изготовленных при прорисовке экземпляров, выбранных в качестве образцов.

Исследуемая торфяная залежь полностью сложена низинным торфом (рис. 2). Нижний слой залежи на глубине 350–210 см состоит из низинного травяного торфа, над ним находится (210–60 см) слой низинного гипново-осокового торфа с прослойкой гипнового торфа на глубине 180–140 см, верхний слой залежи (60–0 см) сложен низинным травяным и осоковым видами торфа. Таким образом, торфяная залежь представлена разными видами низинного торфа. В процессе формирования залежи выделено 7 смен ботанического состава торфа. Смены ботанического состава на данном участке болота происходили постепенно.

Реконструкция динамики водного режима болота осуществлена на основании динамики значений гидрологических показателей (глубины уровня болотных вод и индекса гумификации). В целом, их динамика хорошо согласуется, за исключением слоев торфа на глубине 330–310 и 300 см (соответственно 7600–6700 и 6300 л. н.), когда эти показатели изменяются в противоположных направлениях (рис. 2).

В соответствии с динамикой значений уровня болотных вод и индекса гумификации увеличение уровня обводненности болота происходило в периоды: 8500–8100, 6700–6300, 5900–5400, 4800, 4500–3600, 3300–2800, 1400–900 л. н. Снижение уровня обводненности болота отмечается в периоды: 8100–7600, 5400–5200, 5000–4800, 3500, 2300–1900 л. н. Наибольшие вариации значений уровня болотных вод наблюдаются в период 4500–3300 л. н., в то время как значения индекса гумификации в этот период, наоборот, практически не меняются.

Детальный анализ палеокомплексов зооиндикаторов проведен в трех слоях торфа, контрастных по условиям формирования (табл. 2).

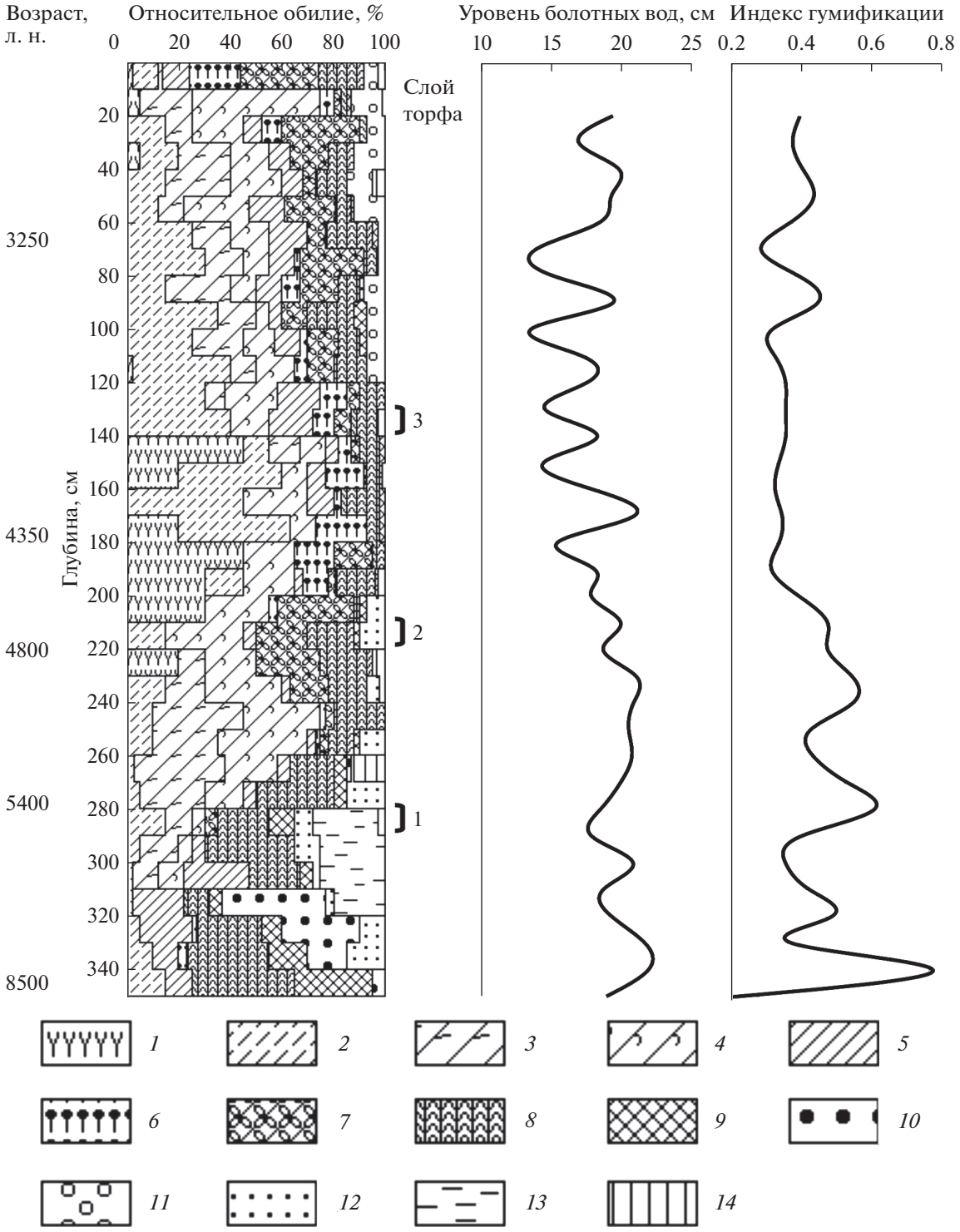


Рис. 2. Характеристика торфяного разреза низинного болота: *1* – *Drepanocladus*, *2* – гипновые мхи, *3* – *Carex chordorrhiza*, *4* – *C. lasiocarpa*, *5* – другие осоки, *6* – белокрыльник, *7* – вахта, *8* – другие виды болотных трав, *9* – хвощ, *10* – тростник, *11* – вейник, *12* – другие виды злаков, *13* – листовой опад, *14* – древесина.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ризоподный анализ

В целом, в торфяном разрезе выявлено 69 видов и внутривидовых разновидностей раковинных амеб, относящихся к 16 родам. Часть видов (38%) удалось определить только до рода. Наиболее обильными в палеокомплексах раковинных амеб оказались виды *Centropyxis aculeata, Corythion pulchellum, Cryptodifflugia* sp. 1, *Euglypha rotunda,*

Trinema enchelys, T. lineare. Наибольшей встречаемостью в палеокомплексах отличались раковинки родов *Centropyxis, Euglypha, Trinema, Corythion*. Концентрация раковинок в торфе в среднем составила 69 ± 52 тыс. экз./г в. с. в., этот показатель варьировал по глубине торфяной залежи, но сохранял достаточно высокое значение практически до минерального дна. Наблюдался высокий уровень видового богатства палеокомплексов раковинных амеб (19 ± 6 видов и внутривидовых таксонов).

В выбранных для детального анализа трех слоях торфа обнаружено 40 видов и внутривидовых разновидностей раковинных амеб (табл. 3).

В первом слое торфа несколько видов раковинных амеб: *Schoenbornia humicola, Cyclopyxis eurystoma* v. *parvula, Cryptodifflugia* sp. 1 и *Trinema lineare* достигают наибольшего относительного обилия и составляют ядро доминантов. Среди этих видов первые два являются гигрофилами. Вид *Trinema lineare* относится к группе ксерофилов, однако встречается при очень широком спектре условий обводненности среды (Payne, 2011). Особенностью этого палеокомплекса, по сравнению с двумя другими, является наибольшее видовое разнообразие раковинных амеб из рода *Centropyxis* и повышенное относительное обилие видов *Cyclopyxis eurystoma* и *C. eurystoma* v. *parvula*. Наблюдается низкая плотность раковинных амеб. Выявленный палеокомплекс наиболее близок по составу к сообществам раковинных амеб, формирующимся в современных мезоэвтрофных болотных местообитаниях со средним уровнем обводненности среды (Warner, Charman, 1994).

Во втором слое торфа доминирует вид *Trinema lineare*. Особенностью этого палеокомплекса является повышенное обилие вида *Euglypha cristata*. По данным предыдущих исследований (Курьина и др., 2010), этот вид является ксерофильным и предпочитает условия с повышенной трофностью и низким уровнем обводненности. Также высоко обилие ксерофильного вида *Euglypha rotunda* и гигрофильного – *Trinema enchelys*. Плотность раковинных амеб здесь достигает наибольшего значения.

В третьем слое торфа вид *Trinema lineare* является доминантом, как и во втором слое. Однако состав сопутствующих ему видов отличается. Присутствуют виды из рода *Arcella* и *Difflugia*; возрастает относительное обилие *Centropyxis aculeata*. Данные виды являются гидрофилами. Плотность раковинных амеб снижается до среднего уровня.

Несмотря на то, что первый и третий исследованные слои торфа сформированы при сходном уровне обводненности, видовые составы палеокомплексов раковинных амеб этих слоев разные. По-видимому, другие локальные условия среды в процессе формирования торфяной залежи тоже были разными.

Акарологический анализ

Всего выявлено 20 видов панцирных клещей из 18 родов. Все обнаруженные виды встречаются в современной фауне орибатид и не являются вымершими.

Видовой состав клещей в исследованных слоях торфа был разным (табл. 4). Наблюдалась явная тенденция уменьшения числа панцирей орибатид с глубиной торфяной залежи. Основной причиной этого, по нашему мнению, является постепенное разрушение остатков панцирных клещей в процессе длительной консервации в торфе.

В первом слое торфа обнаружено всего 5 панцирей орибатид. Наиболее представлен род *Hydrozetes*, виды которого предпочитают местообитания с высокой влажностью, часто встречаются на прибрежной растительности и даже на поверхности открытых водоемов, однако не переносят застойного увлажнения (Криволуцкий и др., 1990). Также встречены мезофильные виды из родов *Tectocepheus* и *Scapheremaeus*, которые вполне могли населять торчащую из воды растительность. Вид *Tectocepheus velatus* эврибионтный, постоянно встречался и был массовым видом в современных условиях на низинных пойменных болотах Европейской части России (Сидорчук, 2008).

Во втором слое торфа наблюдалось наибольшее видовое богатство панцирных клещей с различными экологическими преферендумами. Наряду с гидрофильными видами из родов *Hydrozetes* и *Limnozetes*, встречены и мезофильные виды из родов *Liebstadia* и *Lepidozetes*, тяготеющие даже к ксероморфным условиям среды. Основную часть палеокомплекса орибатид составляют обитатели поверхности почвы и эврибионтные неспециализированные формы. Однако по количеству встреченных панцирей преобладали клещи рода *Hydrozetes*.

В третьем слое торфа палеокомплекс клещей представлен 8 видами. Обнаружено наибольшее число панцирей, среди которых подавляющее большинство принадлежит роду *Limnozetes*. Эудоминирование клещей данного рода отражает специфические условия среды с очень высоким уровнем обводнения, которые для многих видов орибатид являются неблагоприятными. Видимо, поэтому некоторые мезофильные виды орибатид, встреченные во втором слое торфа, в данном палеокомплексе отсутствуют.

Палеокомплексы панцирных клещей во всех трех слоях торфа характеризуются преобладанием гидрофильных видов из родов *Hydrozetes* и *Limnozetes*. Основные различия между ними заключаются в составе группировок сопутствую-

Таблица 3. Распределение видов раковинных амеб (относительное обилие, %) в слоях (1–3) торфа

Вид, показатель	Слои торфа		
	1	2	3
Arcella arenaria Greeff 1866	0.3	–	–
Arcella sp. 1	–	–	0.3
Arcella sp. 2	–	–	0.6
Arcella sp. 3	–	–	0.9
Arcella sp. 4	–	–	0.6
Arcella sp. 5	–	–	2.2
Arcella sp. 6	–	–	1.6
Arcella sp. 7	–	0.2	–
Arcella sp. 8	–	0.6	–
Arcella sp. 9	–	0.2	–
Centropyxis aculeata (Ehrenberg 1838) Stein 1857	5.0	0.4	**18.9**
C. aerophila Deflandre 1929	6.5	0.4	5.0
C. constricta v. *minima* Decloitre 1954	0.3	–	–
C. ecornis (Ehrenberg 1841) Leidy 1879	0.3	–	0.6
C. elongata (Penard 1890) Thomas 1959	1.2	–	–
C. gibba Deflandre 1929	–	–	0.3
C. gibba v. *inermis* Bartos 1940	1.8	–	0.9
Centropyxis sp. Stein 1857	0.3	0.2	–
Corythion pulchellum Penard 1890	3.0	–	3.8
Cryptodifflugia sp. 1	**18.0**	**12.3**	–
Cryptodifflugia sp. 2	–	0.2	–
Cryptodifflugia sp. 3	–	–	1.3
Cryptodifflugia sp. 4	–	–	0.9
Cyclopyxis eurystoma Deflandre 1929	5.9	0.6	–
C. eurystoma v. *parvula* Bonnet et Thomas 1960	**19.2**	1.3	0.3
Difflugia globulosa Dujardin 1837	–	–	0.3
D. globulus (Ehrenberg 1848) Hopkinson 1909	0.3	0.2	0.3
Difflugia sp. 1	–	–	0.9
Difflugia sp. 2	–	0.2	–
Difflugiella minuta Playfair 1917	–	0.4	0.3
Euglypha cristata Leidy 1879	0.3	**12.5**	5.0
E. cristata v. *decora* Jung 1942	–	2.4	0.3
E. rotunda Wailes 1915	–	**13.1**	**11.0**
Euglypha sp. Dujardin 1841	–	1.1	0.3
Heleopera petricola Leidy 1879	0.3	0.2	–
H. petricola f. A (small) Leidy 1879	–	–	0.3
Schoenbornia humicola (Schoenborn 1964) Decloitre 1964	**20.4**	2.2	–
Schoenbornia sp. (Schoenborn 1964) Decloitre 1964	0.3	0.6	–
Trinema enchelys (Ehrenberg 1938) Leidy 1878	0.9	**10.3**	1.6
T. lineare Penard 1890	**15.7**	**40.1**	**41.0**
Плотность населения, тыс. экз./г в. с. в.	39	163	78

Примечания. Доли относительного обилия более 10% выделены жирным шрифтом. Прочерк – отсутствие вида.

Таблица 4. Распределение таксонов (относительное обилие, %) панцирных клещей в торфяном разрезе болота

Таксон, показатель	Слои торфа		
	1	2	3
Malaconothridae gen. sp.	–	–	0.5
Birsteinius sp.	–	1.9	–
Eremaeus sp.	–	–	0.5
Oppiella nova (Oudemans 1902)	–	3.8	–
Suctobelbella sp.	–	9.6	3.3
Tectocepheus velatus Mich.	**20.0**	7.7	–
Hydrozetes sp.	**60.0**	**32.7**	**12.6**
Scapheremaeus sp.	**20.0**	–	–
Micreremus brevipes (Michael 1888)	–	1.9	–
Eupelops sp.	–	1.9	0.5
Limnozetes ciliatus Schrank 1803, *Limnozetes* sp. 1, *Limnozetes* sp. 2	–	5.8	**82.0**
Achipteriidae gen. sp.	–	1.9	–
Lepidozetes singularis Berlese 1910	–	3.8	–
Ceratozetes sp.	–	–	0.5
Liebstadia sp.	–	**13.5**	–
Scheloribatidae gen. sp.	–	3.8	–
Galumna sp.	–	1.9	–
Galumnidae gen. sp.	–	1.9	–
Неопределяемые остатки орибатид	–	7.7	–
Количество панцирей в пробе торфа	5	52	183

Примечания. Доли относительного обилия более 10% выделены жирным шрифтом. Прочерк – отсутствие таксона.

щих видов. Комплексы орибатид в первом и третьем слоях торфа отражают более высокий уровень обводненности среды, по сравнению со вторым. Особенностью первого палеокомплекса, в отличие от третьего, является преобладание клещей рода *Hydrozetes*, требовательных к проточности водного режима.

Обнаруженные четкие различия в видовой структуре палеокомплексов панцирных клещей в исследованных слоях торфа свидетельствуют о высокой чувствительности этих зооиндикаторов к изменениям среды, происходившим на болоте в голоцене.

Малакофаунистический анализ

Остатки раковин моллюсков были многочисленны в нижних слоях торфяной залежи на глубине 330–280 см, в вышележащих слоях залежи они отсутствуют. В исследованном палеокомплексе в первом слое торфа выявлено 19 видов моллюсков, как водных, так и наземных (табл. 5, 6). Все обнаруженные виды встречаются в современных условиях на территории Западной Сибири.

Подавляющее большинство выявленных видов моллюсков являются пресноводными. Видовой состав комплекса пресноводных моллюсков характерен для пойменных озер низкого залегания (Долгин и др., 2014). К ним относятся некрупные полупостоянные и временные водоемы, озера, старицы. Они варьируют по площади и глубине, обычно ежегодно заливаются в период половодья.

Обнаруженные виды наземных моллюсков предпочитают местообитания с высокой влажностью среды (табл. 5); распространены на низинных болотах в современных условиях (Schenkova et al., 2014).

В целом, высокое видовое богатство палеокомплекса моллюсков указывает на то, что условия для их развития были благоприятными на болоте в это время. Видовой состав пресноводных моллюсков характерен именно для пойменных водоемов со стоячей водой. При этом только два вида (*Musculium compressum* и *Amesoda asiatica*) изредка могут встречаться на илистых грунтах в речных водах с очень слабым течением. Из вышесказанного следует, что все обнаруженные моллюски развивались непосредственно на исследуемом участке.

Таблица 5. Биотопическая приуроченность видов наземных моллюсков, обнаруженных в торфе

Вид	Биотоп
Carychium minimum (Müller 1774)	Влажные места на лугах и в лесу; в лиственной подстилке, древесной трухе, в кочках болотных злаков (Лихарев, Раммельмейер, 1952); умеренно обводненные низинные болота (Schenkova et al., 2014); очень влажные, болотистые, регулярно затапливаемые территории, берега водоемов (Kurzawska, Kara, 2015)
Vertigo antivertigo (Draparnaud 1801)	Влажные луга с высоким травостоем; подстилка лиственных и смешанных лесов, особенно овраги и понижения, где почва всегда влажная (Шилейко, 1984); сильно обводненные низинные болота (Schenkova et al., 2014); очень влажные, болотистые, регулярно затапливаемые территории, берега водоемов (Kurzawska, Kara, 2015)
Vallonia pulchella (Müller 1774)	Влажные микробиотопы широкого спектра: подстилка лиственных и смешанных лесов, дерновины на пойменных лугах; под камнями близ рек и ручьев; среди мха на опушках (Шилейко, 1984); умеренно обводненные низинные болота с высоким содержанием кальция (Schenkova et al., 2014); водно-болотный вид (Limondin-Lozouet et al., 2013); довольно влажные, обычно необлесенные биотопы, часто на кальциевом субстрате (Kurzawska, Kara, 2015); влажные биотопы и прибрежные территории (Kosintsev et al., 2013)
Pseudotrichia rubiginosa (A. Schmidt 1853)	Поймы рек, сырые овраги, часто у уреза воды (Шилейко, 1978)
Oxyloma elegans (Risso 1826)	Сырые места у воды, часто среди прибрежной растительности (Шилейко, Лихарев, 1986); сильно обводненные низинные болота (Schenkova et al., 2014); влажные луга и болота, берега рек и озер, даже на растениях, растущих в воде (Wasylikowa et al., 2006; Kosintsev et al., 2013; Limondin-Lozouet et al., 2013)

ОБСУЖДЕНИЕ

Сопоставление данных разных методов зооиндикации позволило восстановить особенности условий природной среды, при которых происходило формирование торфяных отложений исследуемого низинного болота.

Первый слой торфа на глубине 290–280 см сформировался 5900–5400 л. н. В это время уровень обводненности среды на болоте был повышенным, согласно значениям уровня болотных вод и индекса гумификации. На другом болоте в южнотаежной подзоне Западной Сибири в это время также выявлено повышение уровня обводненности (Прейс, Курьина, 2012).

Повышенная обводненность среды на болоте подтверждается преобладанием гидрофильных и гигрофильных видов в палеокомплексах всех трех групп зооиндикаторов.

В данном слое торфа особый интерес представляет присутствие специфического комплекса моллюсков, в котором преобладают озерные виды. Наличие этого комплекса позволяет предположить, что в данном месте 5900–5400 л. н. существовало озеро. Однако при такой интерпретации возникает целый ряд противоречий. В торфяной залежи исследуемого болота отсутствует прослойка сапропеля, отражающая озерную стадию. В торфе не обнаружены остатки растений, произрастающих в озерах. Отсутствуют и специфические виды раковинных амеб из родов *Arcella, Difflugia, Lesquereusia, Lagenodifflugia, Cucurbitella*, типичные для озерных отложений (Patterson et al., 2012; Sonnenburg et al., 2013; Caffau et al., 2015 и др.).

Преобладание в малакофаунистическом комплексе пресноводных видов свидетельствует об очень высоком уровне обводненности биотопа. По-видимому, активное развитие пресноводных моллюсков обеспечивалось за счет более или менее постоянного слоя воды, стоявшего на поверхности болота. Совместное обитание пресноводных и наземных видов моллюсков было возможно в случае, если образовавшийся водоем был достаточно мелководным, в нем присутствовала растительность, как погруженная в воду, так и выступающая над поверхностью воды. Обилие растительности в водоеме хорошо согласуется с преобладанием видов моллюсков, приуроченных к жизни на растениях. Эта версия подтверждается и тем, что среди обнаруженных пресноводных моллюсков присутствуют виды *Lymnaea peregra* и *Planorbis planorbis*, которые, по данным других исследований (Wasylikowa et al., 2006; Kurzawska, Kara, 2015), тяготеют к обитанию в мелководных,

Таблица 6. Биотопическая приуроченность видов пресноводных моллюсков, обнаруженных в торфе

Вид	Биотоп
Musculium compressum (Midd. 1851) Mousson 1887 *Amesoda asiatica* (Mart. 1864)	Илистые грунты в водоемах речных долин с проточной и стоячей водой (Долгин, 2003)
Cyclocalyx lapponica (Cless. in West. 1873)	Илистые грунты в водоемах речных долин со стоячей водой (Долгин, 2003)
C. obtusalis (C. Pf. 1821)	Илистые грунты в водоемах речных долин и водоразделов со стоячей водой (Долгин, 2003; Долгин и др., 2014)
Cincinna frigida (West. 1873)	Илистые грунты в водоемах речных долин со стоячей водой (Долгин, 2003; Долгин и др., 2014)
Lymnaea sibirica (West. 1885)	Растительность в водоемах речных долин со стоячей водой (Долгин, 2003)
L. peregra (Müll. 1774)	Растительность в водоемах речных долин и водоразделов со стоячей водой (Долгин, 2003); временные, мелководные, сильно заросшие водоемы и болота (Kurzawska, Kara, 2015)
Planorbis planorbis (L. 1758)	Растительность в водоемах речных долин со стоячей водой (Долгин, 2003; Долгин и др., 2014); в жесткой воде, на мелководье и в периодически пересыхающих водоемах (Wasylikowa et al., 2006)
Physa adversa (Costa 1778) *Anisus leucostoma* (Millet 1813) *A. septemgyratus* (Rossmaes. 1835) *A. dispar* (West. 1871) *A. crassus* (Da Costa 1778)	Растительность в водоемах речных долин со стоячей водой (Долгин, 2003; Долгин и др., 2014)
A. acronicus (Ferussac 1807)	Растительность в водоемах речных долин и водоразделов со стоячей водой (Долгин, 2003; Долгин и др., 2014)

сильно заросших и даже периодически пересыхающих водоемах и болотах.

При сопоставлении данных по видовому составу моллюсков и орибатид в данном слое торфа мы столкнулись с тем, что среди моллюсков преобладают виды, приуроченные к водоемам со стоячей водой, а среди панцирных клещей доминирует вид из рода *Hydrozetes*, не переносящий застойный режим увлажненности. По нашему мнению, сосуществование организмов с различными экологическими предпочтениями на низинном болоте было возможно при регулярных подтоплениях болота со стороны реки во время половодья либо при наличии гидрологического стока с поверхности вышележащих террас. С одной стороны, приток воды извне на поверхность болота обеспечивал высокий уровень обводненности, достаточный для развития озерных видов моллюсков. С другой стороны, насыщенность воды кислородом способствовала развитию панцирных клещей из рода *Hydrozetes*.

Второй исследованный слой торфа на глубине 230–220 см сформировался в период 4900–4800 л. н. Судя по значениям гидрологических показателей уровня болотных вод и индекса гумификации, уровень обводненности на болоте уменьшился. В это время обсыхания наблюдались и на других болотах южной тайги Западной Сибири (Blyakharchuk, 2009; Прейс, Курьина, 2012; Веретенникова и др., 2014). Эти обсыхания, вероятно, были обусловлены колебаниями влажности климата.

В данном слое торфа раковины моллюсков отсутствуют. По-видимому, изменившиеся по мере формирования торфяной залежи болота локальные условия среды стали неблагоприятными для их развития.

В палеокомплексе раковинных амеб доминирует вид *Trinema lineare*. Так как данный вид может достигать высокого обилия при разном уровне обводненности среды, то об особенностях водного режима на болоте в этом случае можно судить по присутствию в палеокомплексе видов раковинных амеб с более четкими экологическими предпочтениями. Так, увеличение относительного обилия ксерофильных видов *Euglypha cristata* и *E. cristata* v. *decora* отражает период обсыхания на болоте.

Очень показательна индикаторная роль палеокомплекса орибатид, существовавшего в этот период. Наличие этого комплекса свидетельствует о более сухих условиях на болоте, по сравнению с предыдущим периодом. Большое количество ви-

дов клещей с разными экологическими предпочтениями свидетельствует о наличии микроместообитаний с высокой и низкой влажностью среды. Хотя по-прежнему наиболее обильным видом среди орибатид остается гидрофильный *Hydrozetes* sp. Таким образом, обсыхание на болоте было относительным, не очень значительным. Это подтверждается и результатами палеоэкологической реконструкции в другой работе (Криволуцкий, Сидорчук, 2005) по торфяной залежи пойменного болота долины р. Вычегда (европейская часть России). В этом исследовании выявлены гораздо более существенные изменения структуры палеокомплекса орибатид, которые свидетельствуют об обсыхании болота: смена доминанта, снижение доли гидрофилов, появление видов, приуроченных к обитанию в воздушных почвенных скважинах и крупных полостях лесной подстилки.

Третий исследованный слой торфа на глубине 140–130 см сформировался в период 4000–3900 л. н. В соответствии со значениями уровня болотных вод и индекса гумификации, в это время наблюдался высокий уровень обводненности болота. Повышение обводненности в этот период голоцена отмечено также для другого болота южной тайги Западной Сибири (Прейс, Курьина, 2012).

Среди амеб, как и во втором слое торфа, доминирует вид *Trinema lineare*. Однако меняется состав сопутствующих видов. Повышается относительное обилие гидрофильного вида *Centropyxis aculeata*. Появляются виды из рода *Arcella* и *Difflugia*, которым также свойственна гидрофильность. Состав палеокомплекса раковинных амеб свидетельствует о высокой обводненности болота.

Этот факт подтверждается и результатами анализа палеокомплекса орибатид. Среди клещей наиболее обильными становятся виды из рода *Limnozetes*. Эти виды, в отличие от предыдущего доминанта *Hydrozetes* sp., приспособлены к застойному режиму увлажнения.

В первом и третьем исследованных слоях торфа наблюдается сходный высокий уровень обводненности среды. Однако гидрологический режим болота в двух этих периодах был различным. Это проявилось в разной видовой структуре палеокомплексов как раковинных амеб, так и панцирных клещей. Во время формирования третьего изучаемого слоя торфа водный режим болота стал застойным. По нашему мнению, нарастание торфяной залежи и увеличение ее мощности привели к аккумуляции большого количества воды в торфе. Кроме того, уровень поверхности болота постепенно стал превышать уровень ежегодных паводков реки, либо изменились линии гидрологического стока, осуществляющегося с поверхности прилегающих террас. Таким образом, болото стало гораздо реже подвергаться подтоплениям, что и стало основной причиной застойности водного режима на исследованном локальном участке.

Таким образом, содержание большого числа остатков беспозвоночных животных из разных таксономических групп в исследованной торфяной залежи дало возможность провести комплексную палеоэкологическую реконструкцию условий среды на низинном болоте в процессе его развития.

Важно подчеркнуть, что до настоящего времени ризоподный анализ применялся преимущественно для торфяных залежей олиготрофных болот (Mitchell et al., 2008). Отдельные исследования разных авторов (Jauhiainen, 2002; Payne, 2011; Dudova et al., 2014) показали, что в торфе низинных болот раковинки амеб встречаются в небольшом количестве либо отсутствуют совсем. Однако выявленные в нашей работе высокие значения концентрации раковинок амеб и их видового богатства в низинном торфе указывают на перспективность применения ризоподного анализа в целях палеоэкологических реконструкций торфяных залежей низинных болот.

Кроме того, результаты нашего исследования показали, что раковинки могут сохраняться в большом количестве не только в торфе, сложенном остатками сфагновых мхов, но и в осоково-гипновом и травяном видах торфа. Важно отметить и необычно высокую сохранность видов раковинных амеб из родов *Corythion, Trinema, Euglypha* в исследованной торфяной залежи. В верховом торфе раковинки этих родов практически не сохраняются и могут встречаться только в самых верхних слоях торфяных колонок (Jones et al., 2013; Turner et al., 2013; Lamentowicz et al., 2015 и мн. др.), а в отложениях болота Самара оказались обильны и даже доминировали в палеокомплексах по всей глубине торфяного разреза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальный анализ палеокомплексов зооиндикаторов позволил раскрыть особенности гидрологического режима низинного болота в отдельные периоды его формирования в голоцене. Использование разных групп животных для палеоэкологической реконструкции помогло уточнить данные о природных условиях, в которых существовало болото.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников лаборатории физики климатических систем ИМКЭС СО РАН: Дюкарева Е.А. и Смирнова С.В. за помощь при проведении экспедиционных работ и отборе материала для исследования; Л.А. Орлову и Г.В. Симонову – за проведенное радиоуглеродное дати-

рование слоев торфа; Е.М. Волкову – за выполненный анализ ботанического состава торфа.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (16-34-60057/мол-а-дк).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баяртогтох Б., 2010. Панцирные Клещи Монголии. М.: Товарищество научных изданий КМК. 371 с.

Бобров А.А., 2003. Историческая динамика озерно-болотных экосистем и сукцессии раковинных амеб (Testacea) // Зоологический журнал. Т. 82. Вып. 2. С. 215–223.

Бобров А.А., Чармен Д., Уорнер Б., 2002. Экология раковинных амеб олиготрофных болот (особенности экологии политипических и полиморфных видов) // Известия РАН. Сер. биол. № 6. С. 738–751.

Боч М.С., Мазинг В.В., 1979. Экосистемы болот СССР. Л.: Наука. 188 с.

Веретенникова Е.Э., Курьина И.В., Ильина А.А., Савельев В.В., 2014. Реконструкция гидротермических условий формирования грядово-мочажинного комплекса в голоцене на юге Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. № 3 (27). С. 6–22.

Гельцер Ю.Г., Корганова Г.А., Алексеев Д.А., 1985. Почвенные раковинные амебы и методы их изучения. М.: Изд-во Московского университета. 80 с.

Гельцер Ю.Г., Корганова Г.А., Алексеев Д.А., 1985а. Практическое руководство по идентификации почвенных тестаций. М.: Изд-во Московского университета. 84 с.

Гиляров М.С., 1965. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука. 280 с.

Долгин В.Н., 2003. Биотопическое распределение пресноводных моллюсков в водоемах Севера Сибири // Вестник Томского гос. педагогического ун-та. Вып. 4 (36). Серия “Естественные и точные науки”. С. 55–61.

Долгин В.Н., Масленников П.В., Гребнев А.А., 2014. Биотопическое распределение пресноводных моллюсков в водоемах бассейна реки Чулым (Томская область) // Современные проблемы науки и образования. № 2. URL: www.science-education.ru/116-12578 (дата обращения: 10.02.2016).

Евсеева Н.С. 2001. География Томской области. Природные условия и ресурсы. Томск: изд-во Томского университета. 222 с.

Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Н.И., 1977. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра. 376 с.

Количественные методы в почвенной зоологии, 1987. Отв. ред. Гиляров М.С., Стриганова Б.Р. М.: Наука. 288 с.

Криволуцкий Д.А., Друк А.Я., Эйтминавичюте И.С., Ласкова Л.М., Карпинен Е., 1990. Ископаемые панцирные клещи. Вильнюс: Мокслас. 112 с.

Криволуцкий Д.А., Сидорчук Е.А., 2005. Панцирные клещи как биоиндикатор палеогеографических условий голоцена на Европейском севере России // Известия РАН. Сер. геогр. № 1. С. 60–67.

Курьина И.В., Прейс Ю.И., Бобров А.А., 2010. Раковинные амебы болотных местообитаний средней тайги Западной Сибири // Известия РАН. Сер. биол. № 4. С. 423–429.

Лихарев И.М., Раммельмейер Е.С., 1952. Наземные моллюски фауны СССР. М.-Л.: Изд-во Зоол. института АН СССР. С. 117–440.

Мазей Ю.А., Блинохватова Ю.В., Ембулаева Е.А., 2011. Особенности микропространственного распределения почвообитающих раковинных амеб в лесах Среднего Поволжья // Аридные экосистемы. Т. 17. № 46. С. 37–46.

Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., 2006. Пресноводные раковинные амебы. М.: Товарищество научных изданий КМК. 300 с.

Определитель обитающих в почве клещей. Sarcoptiformes. 1975. Под ред. Гилярова М.С., Криволуцкого Д.А. М.: Наука. 493 с.

Прейс Ю.И., Курьина И.В., 2012. Палеореконструкция высокого разрешения по данным комплексного исследования торфяных отложений южной тайги Западной Сибири // Исследование природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота. Отв. ред. Кабанов М.В. Новосибирск: Изд-во СО РАН. С. 14–38.

Сидорчук Е.А., 2008. Панцирные клещи (Acari, Oribatei) трех низинных болот европейского севера России // Зоологический журнал. Т. 87. № 5. С. 626–631.

Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М., 2004. Моллюски // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Под ред. Цалолихина С.Я. СПб: Наука. Т. 6. С. 6–492.

Старобогатов Я.И., Толстикова Н.В., 1986. Моллюски // Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения истории озер. Л.: Гидрометеоиздат. С. 157–158.

Тюремнов С.Н., Ларгин И.Ф., Ефимова С.Ф., Скобеева Е.И., 1977. Торфяные месторождения и их разведка. М.: Недра. 264 с.

Уфимцева К.А., 1974. Почвы южной части таежной зоны Западно-Сибирской равнины. М.: Колос. 202 с.

Шилейко А.А., 1978. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea // Фауна СССР. Моллюски. Л.: Наука. Т. 3. Вып. 6. С. 98–239.

Шилейко А.А., 1984. Наземные моллюски подотряда Pupillina фауны СССР (Gastropoda, Pulmonata, Geophila) // Фауна СССР. Моллюски. М.: Наука. Т. 3. Вып. 3. С. 163–201.

Шилейко А.А., Лихарев И.М., 1986. Наземные моллюски семейства янтарок (Succineidae) фауны СССР // Труды Зоол. музея. Зоологический музей МГУ. Т. XXIV. С. 197–239.

Blundell A., Barber K., 2005. A 2800-year palaeoclimatic record from Tore Hill Moss, Strathspey, Scotland: the need for a multi-proxy approach to peat-based climate reconstructions // Quaternary Science Reviews. 24. P. 1261–1277.

Blyakharchuk T.A., 2009. Western Siberia, a review of Holocene climatic changes // Journal of Siberian Federal University. Biology. № 1 (2). P. 4–12.

Caffau M., Lenaz D., Lodolo E., Zecchin M., Comici C., Tassone A., 2015. First evidence of testate amoebae in Lago Fagnano (54° S), Tierra del Fuego (Argentina): Proxies to reconstruct environmental changes // Journal of South American Earth Sciences. 64. P. 27–41.

Chambers F.M., Blackford D.W., Yu Z., 2011. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics // Mires and Peat. V. 7 (2010/11). P. 1–10.

Chardez D., 1965. Ecologie generale des Thecamoebiens // Bulletin de l'lnstitut Agronomique et des Stations de Recherche de Gembloux. V. 33. P. 307–341.

Coetzee L., Brink J.S., 2003. Fossil oribatid mites (Acari, Oribatida) from the Florisbad Quaternary deposits, South Africa // Quaternary Research. V. 59. № 2. P. 246–254.

De Klerk P., Teltewskoi A., Theuerkauf M., Joosten H., 2014. Vegetation patterns, pollen deposition and distribution of non-pollen palynomorphs in an ice-wedge polygon near Kytalyk (NE Siberia), with some remarks on Arctic pollen morphology // Polar biology. 37. P. 1393–1412.

Dudova L., Hajkova P., Opravilova V., Hajek M., 2014. Holocene history and environmental reconstruction of a Hercynian mire and surrounding mountain landscape based on multiple proxies // Quaternary Research. 82. P. 107–120.

Jauhiainen S., 2002. Testacean amoebae in different types of mire following drainage and subsequent restoration // European Journal of Protistology. 38. P. 59–72.

Jones M.C., Booth R.K., Yu Z., Ferry P., 2013. A 2200-Year Record of Permafrost Dynamics and Carbon Cycling in a Collapse-Scar Bog, Interior Alaska // Ecosystems. 16. P. 1–19.

Kosintsev P., Danukalova G., Osipova E., Yakovlev A., Alimbekova L., Popova-Lvova M., 2013. Palaeoenvironment of the Late Pleistocene – Holocene interval in the Tanalyk river valley of the southern Trans-Ural region (Russia) // Quaternary International. 284. P. 74–84.

Kulesza P., Suchora M., Pidek I.A., Dobrowolski R., Alexandrowicz W.P., 2012. The Holocene palaeoenvironmental changes reflected in the multi-proxy studies of Lake Slone sediments (SE Poland) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 363–364. P. 79–98.

Kurzawska A., Kara M., 2015. The contribution of mollusc shells to the reconstruction of environment at the Early Medieval stronghold of Pszczew (Poland) // Quaternary International. 390. P. 126–132.

Lamentowicz M., Galka M., Lamentowicz L., Obremska M., Kuehl N., Luecke A., Jassey V.E.J., 2015. Reconstructing climate change and ombrotrophic bog development during the last 4000 years in northern Poland using biotic proxies, stable isotopes and trait-based approach // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. № 418. P. 261–277.

Limondin-Lozouet N., Haddoumi H., Lefevre D., Ghamizi M., Aouraghe H., Salel T., 2013. Holocene molluscan succession from NE Morocco: Palaeoenvironmental reconstruction and biogeographical implications // Quaternary International. № 302. P. 61–76.

Loisel J., Garneau M., 2010. Late Holocene paleoecohydrology and carbon accumulation estimates from two boreal peat bogs in eastern Canada: Potential and limits of multi-proxy archives // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. № 291. P. 493–533.

Mitchell E.A.D., Charman D.J., Warner B.G., 2008. Testate amoebae analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: past, present and future // Biodivers Conserv. № 17. P. 2115–2137.

Patterson R.T., Roe H.M., Swindles G.T., 2012. Development of an Arcellacea (testate lobose amoebae) based transfer function for sedimentary Phosphorus in lakes // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. № 348–349. P. 32–44.

Payne R.J., 2011. Can testate amoeba-based palaeohydrology be extended to fens? // Journal of Quaternary Science. V. 26 (1). P. 15–27.

Poirier C., Sauriau P.-G., Chaumillon E., Allard J., 2009. Can molluscan assemblages give insights into Holocene environmental changes other than sea level rise? A case study from a macrotidal bay (Marennes-Oleron, France) // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. № 280. P. 105–118.

Revelles J., Burjachs F., van Geel B., 2016. Pollen and non-pollen palynomorphs from the Early Neolithic settlement of La Draga (Girona, Spain) // Review of Palaeobotany and Palynology. № 225. P. 1–20.

Schelvis J., Van Thuyne T., Waekens M., 2005. Late Holocene environmental changes indicated by fossil remains of mites (Arthropoda; Acari) in the marsh of Gravgas, Southwest Turkey // Archaeofauna. № 14. P. 215–225.

Schenkova V., Horsak M., Hajek M., Pleskova Z., Dite D., Pawlikowski P., 2014. Mollusc and plant assemblages controlled by different ecological gradients at Eastern European fens // Acta Oecologica. V. 56. P. 66–73.

Solhoy I.W., Solhoy T., 2000. The fossil oribatid fauna (Acari: Oribatida) in late-glacial and early-Holocene sediments in Krakenes Lake, western Norway // Journal of Paleolimnology. V. 23. P. 35–47.

Sonnenburg E.P., Boyce J.I., Reinhardt E.G., 2013. Multiproxy lake sediment record of prehistoric (Paleoindian–Archaic) archaeological paleoenvironments at Rice Lake, Ontario, Canada // Quaternary Science Reviews. № 73. P. 77–92.

ter Braak C.J.F., van Dam H., 1989. Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods // Hydrobiologia. № 178. P. 209–223.

Turner E.T., Swindles G.T., Charman D.J., Blundell A., 2013. Comparing regional and supra-regional transfer functions for palaeohydrological reconstruction from Holocene peatlands // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. № 369. P. 395–408.

Warner B.G., Charman D.J., 1994. Holocene changes on a peatland in Northwestern Ontario interpreted from testate amoebae (Protozoa) analysis // Boreas. № 23. P. 270–279.

Wasylikowa K., Witkowski A., Walanus A., Hutorowicz A., Alexandrowicz S.W., Langer J.J., 2006. Palaeolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications // Quaternary Research. № 66. P. 477–493.

THE USE OF ZOO-INDICATORS FOR THE RECONSTRUCTION OF PALEOENVIRONMENTS IN THE HOLOCENE IN THE PEAT DEPOSITS OF AN EUTROPHIC PEATLAND

I. V. Kurina[a, #], E. E. Veretennikova[a], L. V. Salisch[b], M. L. Egorova[c], V. N. Dolgin[d], A. V. Udaloi[e], and E. A. Golovatskaya[a]

[a]*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk 634055, Russia*

[b]*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk 630090, Russia*

[c]*Tomsk State University, Tomsk 634050, Russia*

[d]*Tomsk State Pedagogical University, Tomsk 634061, Russia*

[e]*Forest Protection Center of the Tomsk Region, Tomsk 634021, Russia*

[#]*e-mail: irina.kuryina@yandex.ru*

Assemblages of zoo-indicators were studied in the peat deposits of a floodplain terrace eutrophic peatland located on the bank of Bakchar River, within the southern taiga zone of western Siberia. The peat deposits were formed by minerotrophic peat dated 8500 cal yr BP. A detailed analysis of fossil animal remains (testate amoebae, oribatid mites and molluscs) was carried out in three peat layers formed under contrasting environmental conditions. These peat layers used for the analysis of zoo-indicators were selected, based on data concerning plant macrofossils of the peat and the dynamics of hydrological indices such as: the peat humification index and the water table depth (WTD) calculated using rhizopod analysis. A thorough study of zoo-indicator paleo-assemblages allowed us to reconstruct increased water levels in the eutrophic peatland during the periods 5900–5400 and 4000–3900 cal yr BP; moreover, in the first case the water regime was flowing, to change for stagnant in the second. A period of a decreased water level in the peatland was also revealed, between 4900–4800 cal yr BP.

Keywords: minerotrophic peat, testate amoebae, oribatid mites, molluscs, hydrological regime, western Siberia