

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОД СУШИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

УДК 550.93/551.583.2/574.52/902.672

### ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПОСЛЕДНИЕ 200 ЛЕТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ оз. ОРОН (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ, КОДАРСКИЙ ХРЕБЕТ)<sup>1</sup>

© 2019 г. И. В. Енущенко<sup>1, \*</sup>

<sup>1</sup>Лимнологический институт Сибирского отделения РАН

Россия 664033 Иркутск

\*e-mail: [deschampsia@yandex.ru](mailto:deschampsia@yandex.ru)

Поступила в редакцию 30.01.2017 г.

После доработки 04.05.2017 г.

Принята к публикации 29.06.2017 г.

Рассмотрена летопись донных отложений оз. Орон последних двух столетий. Проведены хирономидологические и палинологические исследования слоя керн в 10 см донных отложений оз. Орон. Установлено влияние динамики климата на фауну личинок хирономид оз. Орон, а также его гидрологический режим, локальный, региональный ландшафт и растительность. Высказано предположение о влиянии заболачивания прибрежной зоны оз. Орон на процесс закисления воды в озере; установлены приблизительные сроки начала этого процесса — 1940-е гг.

*Ключевые слова:* палеолимнология, личинки Chironomidae, палинология, климатические изменения.

DOI: 10.31857/S0321-0596464447-457

#### ВВЕДЕНИЕ

Большой интерес к изучению закономерностей эволюции природной среды и установлению ее реакции на те или иные факторы в ретроспективе обуславливает необходимость палеоклиматических реконструкций. Данные, полученные в результате таких исследований, служат основой для составления климатических сценариев формирования ландшафтов в процессе закономерных климатических изменений. Отдельный интерес в этом отношении представляет собой изучение времени Малого ледникового периода (МЛП) и Современного потепления (СП), поскольку именно в это время произошли последние, наиболее ощутимые изменения климата и становление современных погодных условий.

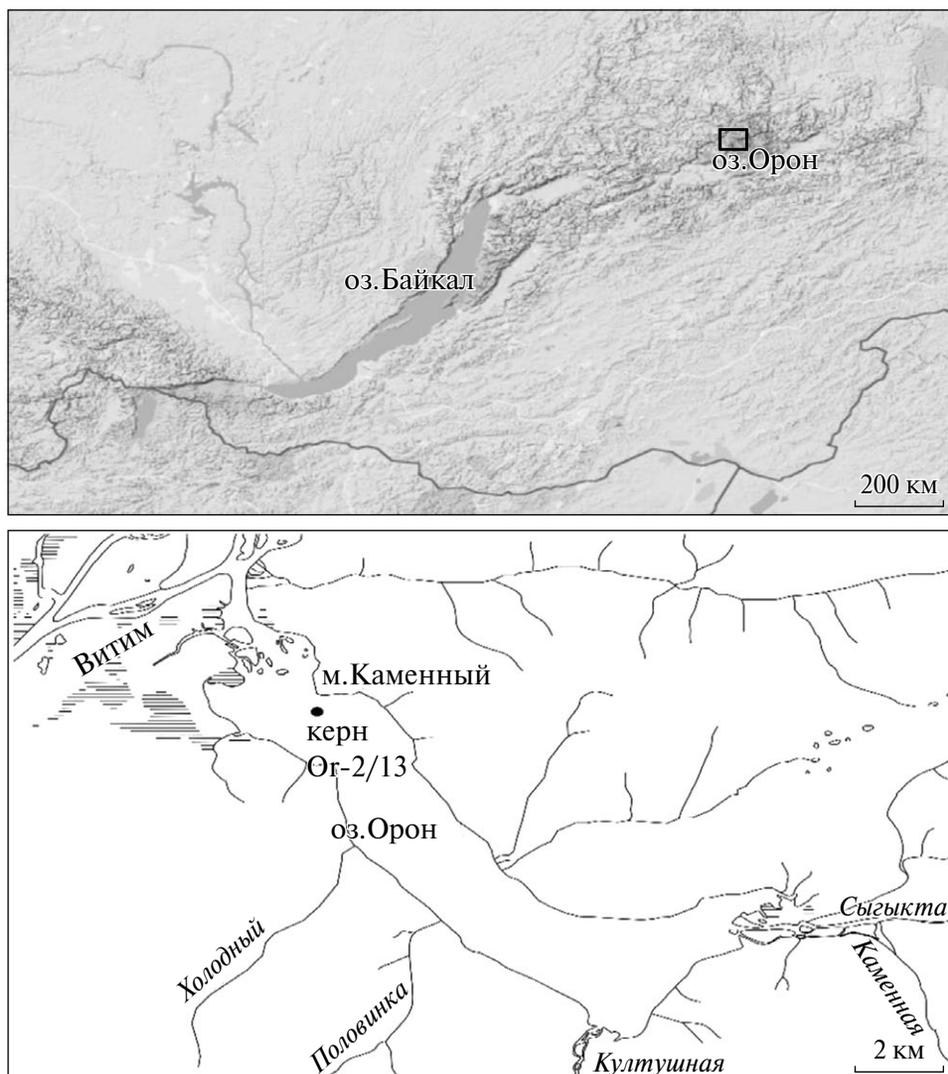
Один из наиболее широко используемых методов при изучении биостратиграфии отложений разного генезиса — палинологический или спорово-пыльцевой анализ. Результаты, получаемые с помощью этого метода, представляют собой наиболее надежный источник информации

об изменениях локальной и региональной растительности в ответ на изменяющиеся условия окружающей среды. Личинки комаров-звонцов, или хирономид (Insecta: Diptera: Chironomidae), уже давно используются для типификации, оценки экологического состояния различных водоемов [34, 44, 46, 48], а также реконструкции палеоклиматических изменений [9, 23, 24, 30, 32, 52].

Объектом настоящих исследований было оз. Орон (рис. 1), расположенное на Кодарском хребте, на высоте 535 м над у.м., в 450 км севернее оз. Байкал. Площадь озера 53.1 км<sup>2</sup>, длина 24 км, ширина 6.5 км. Максимальная глубина 184 м [8]. Главные его притоки — реки Сыгыкта, Култушная и Каменная. Кроме этих рек, в озеро впадает более 10 небольших рек и ручьев.

Согласно геоботаническому районированию Иркутской области [2], территория оз. Орон входит в Делюн-Уранский горно-таежно-гольцовый округ Патомской кедрово-стланиково-лиственнично-горно-таежной провинции. Основная часть территории занята каменистыми россыпями и скалами. Наибольшую площадь занимают леса из лиственницы даурской. Еловые, еловые с пихтой леса распространены в долине

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 16-05-00342, 15-05-04525 и 19-05-00668), и ФАНО (0345-2016-0006 (AAAA-A16-116122110063-0)).



**Рис. 1.** Географическое положение оз. Орон с обозначением места отбора пробы озерных ДО (кern Or-2/13).

р. Сыгыкта и руч. Лабазного. На территории у северо-западной части озера, примыкающей к правому берегу р. Витим, отмечаются участки леса из сосны обыкновенной (*Pinus* (s/g *Diploxilon*) *sylvestris*).

Высотная поясность хорошо выражена. В гольцовом и подгольцовом поясе господствуют лишайниковые горные пустоши, характерны также лишайниковые горные тундры в сочетании с травяными лужайками. По безлесным вершинам господствуют кедрово-стланиковые (*Pinus* (s/g *Harloxilon*) *sibirica* + *P.* (s/g *Harloxilon*) *rutula*) заросли с одиночными лиственницами и елями в сочетании с ерниками и лишайниковыми тундрами. В подгольцовом поясе от 1000 до 1400 м распространены редкостойные лиственничные кедрово-стланиковые леса с кустарниковыми березами (*Betula* sect. *Fruticosae*) и мо-

хово-лишайниковым покровом, лиственничные ольховниково-ерниковые (*Duschekia fruticosa* + *B.* sect. *Fruticosae*) с богульником и моховым покровом. По плоским заболоченным водоразделам встречаются редкостойные березняки из березы повислой (*Betula* (sect. *Albae*) *pendula*). Для горно-таежного пояса характерны также лиственничные леса с кедром (*P.* (s/g *Harloxilon*) *sibirica*) и елью кустарниково-зеленомошные, местами со сфагнумами. Изредка встречаются лиственнично-кедровые зеленомошные и еловые зеленомошные леса, а также участки сосновых ольховников с моховым покровом, сосновых брусничных и разнотравно-брусничных лесов. По днищам и нижним надпойменным террасам рек развиты долинные елово-лиственничные разнотравно-осоково-моховые леса местами в сочетании с ерниковыми зарослями, осоково-

гипновыми болотцами и заболоченными лужайками. В верховьях рек преобладают ерниковые заросли из березы кустарниковой и Миддендорфа в сочетании с вейниково-осоковыми кочкарниками [1].

Водосборные бассейны притоков Орона расположены в высокогорной части Кодарского хребта (2500–2800 м над у.м.), где находятся ледники, снежники и часты выпадения снега в летнее время [4, 12, 13, 43, 50]. Устойчивый снежный покров в гольцах разрушается в мае–июне, а образуется в сентябре; снежники держатся 2–4 мес. [3]. Используя классификацию [11], по длительности существования снежников в гольцах можно выделить раннелетние, стаивающие в первой половине лета (до середины июля), позднелетние, стаивающие во второй половине, и снежники-перелетки, не стаивающие полностью за лето. На Кодаре отмечено наибольшее в регионе количество позднелетних снежников. Благоприятствует этому холодное лето и большая неравномерность распределения снега, связанная с ветровым переносом и лавинной деятельностью в условиях резко расчлененного рельефа [13].

Климат района хребта Кодар довольно суровый (резко континентальный) с коротким умеренно теплым дождливым летом и затяжной холодной зимой. Сложный характер рельефа приводит к большим различиям в микроклимате. Годовое количество осадков колеблется от 300 до 1200 мм и распределяется весьма неравномерно в течение года. В теплый период (апрель–октябрь) выпадает ~95% годовой суммы осадков. Рассматриваемый регион очень чувствителен к изменению влажности, поскольку влияние северо-западного атмосферного переноса и восточно-азиатских муссонов здесь уменьшается; зимой Сибирский антициклон блокирует их внешнее воздействие [6, 29].

Первые данные по диатомовым и рыбным сообществам, гидрохимии Орона приведены в работах Е.Л. Шульга [16] и А.А. Томилова [14]. Геологической истории оз. Орон и сопредельных территорий посвящены работы как отечественных, так и зарубежных авторов [31, 38, 49]. В 2002 г. озеро было внесено в перечень объектов ЮНЕСКО, подлежащих изучению в Евразии. Интерес к оз. Орон возрос после поступивших сведений об исчезновении рыбы и ряда групп водных беспозвоночных в связи с закислением воды в озере [8, 15, 51]. Рассматривались гипотезы закисления озера в результате размыва кислых пород водами рек и ручьев, впадающих

в Орон [8], кислотных дождей и выделения эндогенного метана с глубин озера [15], но до сих пор информация о нем довольно скудная.

В настоящей работе проведена реконструкция естественного хода природных процессов по результатам палинологического анализа и изучения останков личинок хирономид, содержащихся в горизонтах осадка оз. Орон. Предпринята попытка установить взаимосвязь между отдельными частями природного комплекса оз. Орон на протяжении последних 200 лет. Выдвинута новая гипотеза о причинах закисления воды в озере.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В марте 2013 г. автором статьи в составе экспедиции Лимнологического института СО РАН была отобрана проба донных отложений (ДО) из оз. Орон. Отбор ДО проводился в створе м. Каменного (57°09'14" с.ш., 116°27'59" в.д.) бентосным пробоотборником Uwitec-Corer с глубины 9 м. Длина взятого керна (Ог-02/13) составила 73 см. Верхние 10 см представлены светлым зелено-коричневым маслянистым алевролитовым ДО. Следов перерыва или катастрофического осадконакопления не выявлено. В нижележащих слоях керна порой прослеживаются прослойки и примеси песка и/или растительного детрита. Материал для радиоизотопного, хирономидологического и спорово-пыльцевого анализа отбирался из каждого сантиметра исследованной толщи ДО. Для каждого проведенного анализа просмотрено по 10 образцов. Согласно результатам датирования по распределению <sup>210</sup>Pb и <sup>137</sup>Cs, верхние 10 см керна формировались не ранее 1816 г. Подробное описание методов датирования керна Ог-02/13 и его возрастная модель приводятся в работе [15]. Объем каждой пробы, взятой для изучения и подсчета головных капсул личинок хирономид, пыльцевых зерен и спор, содержащихся в горизонтах ДО, составлял 0.5 см<sup>3</sup>. Пробоподготовка материала проводилась согласно существующим методикам [18, 24, 30, 33]. Палинологическая диаграмма и диаграмма, отражающая изменение таксономического состава личинок хирономид в горизонтах керна, строились с помощью программного обеспечения Golden Software Grapher-3 и базировались на подсчете относительной численности микрофоссилий. Проведен кластерный анализ, на основе которого дано обоснование разделения построенных диаграмм на зоны.

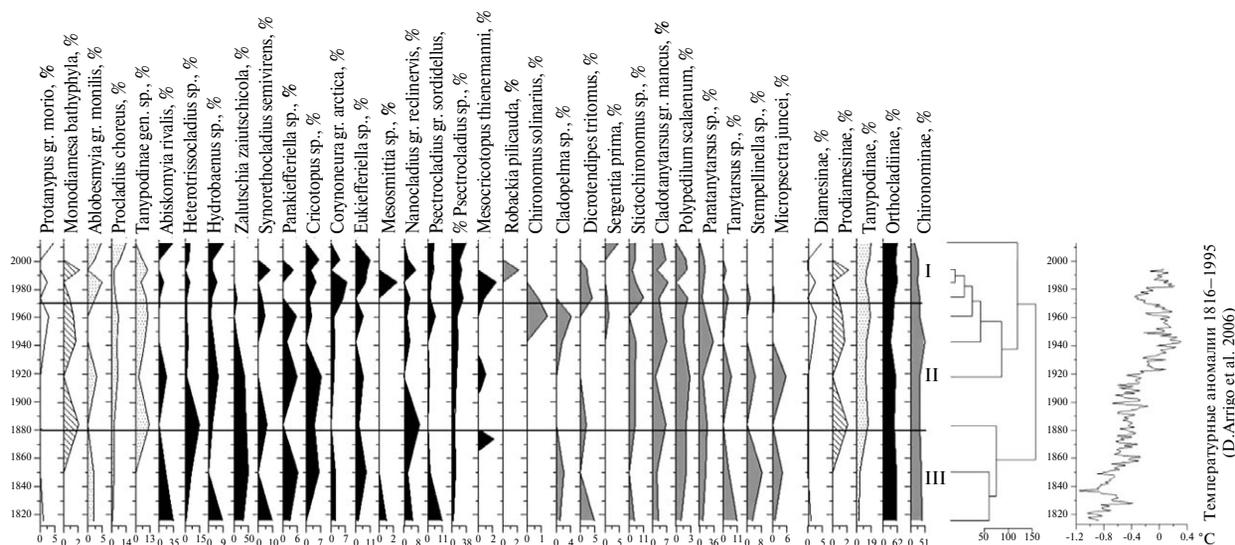


Рис. 2. Биостратиграфические данные таксонов хирономид, установленных по останкам личинок, погребенных в слоях 10 см ДО оз. Орон, и их сопоставление с данными по изменению среднегодовых значений температуры в Северном полушарии [28].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно глубинно-возрастной модели кер-на Or-02/13, формирование отобранной толщи озерных отложений приходится на конец МЛП и время СП [15]. Палеоклиматические реконструкции показывают, что в Восточной Сибири температура воздуха во время МЛП была на 1.5–2.0°C ниже по сравнению с 1961–1990 гг. [19, 42]. В условиях Кодарского хребта того времени снежники должны были иметь значительное развитие и широкое распространение, а ледники — положительный баланс массы в течение всего МЛП. Данные настоящего исследования не подтверждают это предположение, что и будет рассмотрено ниже.

Формирование горизонтов ДО, соответствующих третьей зоне (Ch-III, 10–8 см) диаграммы (рис. 2), приходится на конец МЛП. Обращает на себя внимание постоянное присутствие головных капсул *Abiskomyia rivalis* в горизонтах ДО. Личинки *Abiskomyia* селятся в замшелых участках русел небольших водотоков [27]. Очевидно, что личинки *A. rivalis* не обитали в самом озере — их останки привнесены в ДО оз. Орон ручьями и реками. Максимальное их количество отлагалось в слоях ДО, которые формировались в то время, когда ключи, впадающие в озеро, характеризовались малым расходом. Такие условия благоприятствовали формированию в каменистых руслах ручьев моховых обрастаний, где личинки *A. rivalis* жили и развивались в большом количестве. Периодически их макроостатки смывались в озеро. По мере увеличения стока

сокращалось число местообитаний, пригодных для *A. rivalis*; снижалось количество макроостатков личинок этого вида в толще озерных ДО.

Во время формирования горизонтов кер-на, которым соответствует зона Ch-III, зимние и летние месяцы характеризовались малым количеством ДО; абляция ледников и стаивание снежников находились в активной фазе. В акватории Орона складывались вполне благоприятные условия для обитания *Cladopelma* sp., *Cladotanytarsus* gr. *mancus*, *Dicrotendipes tritonus* — достаточно теплолюбивых таксонов [24, 48, 52]. Личинки рода *Dicrotendipes* обитают в литорали озер и прудов, где часто приурочены к сообществам макрофитов [20, 45]. Личинки этих таксонов могли заселять наиболее прогретаемые мелководья в заводях, заливах и курьях оз. Орон.

В Северном полушарии переход от МЛП к СП пришелся на 1850–1860 гг. [39, 42]. По оценкам средних значений максимального диаметра колонии лишайника *Rhizocarpon geographicum* (L.) на глыбах и валунах в предполье Сыгыктинского ледника, приблизительный возраст конечной морены (начало дегляциации) — начало XIX в. [10].

Согласно данным автора статьи, во время СП, с 1860 по 1900 г., расход рек и ручьев, впадающих в оз. Орон, заметно возрастал. Свидетельство этому — резкое снижение содержания головных капсул личинок *A. rivalis* в горизонтах озерного ДО. Бурные течения ручьев “расчищали” каменистые русла от моховых обрастаний, уничтожая пригодные для выведения *A. rivalis*

эктопы; вместе с этим постепенно прекращался смыв останков личинок этого вида в Орон.

О наиболее теплых условиях на оз. Орон во время начала СП свидетельствует также значительное содержание головных капсул личинок *Nanocladius* gr. *rectinervis* в слоях ДО. Представители этой группы видов — термофилы обитают среди водной растительности [20]. Вероятно, потепление климата способствовало активному развитию водорослей и макрофитов в мелководных заливах и курьях оз. Орон, где складывались наилучшие условия для развития личинок *N. gr. rectinervis*.

Макроостатки личинок *Mesocricotopus thienemanni* начинают встречаться в горизонтах ДО, время формирования которых приходится на 1870 г. Заметим, что данный таксон — один из наиболее холодолюбивых представителей хирономидофауны, останки личинок которого в ДО — надежное свидетельство холодных условий [24]. Видимо, участие холодолюбивых, стенотермных таксонов в сложении фауны хирономид оз. Орон этого времени объясняется возросшим поступлением в озеро холодных, ультрапресных талых вод.

По мере потепления климата усиливалась транспирация воды на равнинах и возрастало количество зимних осадков в горах Кодарского хребта (1900–1940 гг.). Вместе с этим постепенно возрастает роль позднелетних снежников и снежников-перелетков; баланс массы ледников становится положительным. Сток рек и ручьев, впадающих в Орон, характеризуется низкими показателями. Свидетельство этому, в частности, — возросшее количество макроостанков личинок *A. rivalis*, *Hydrobaenus* sp. и *M. thienemanni*. Представители рода *Hydrobaenus* — холодолюбивые стенотермные виды, населяют олиготрофные озера [26]. Примечательно, что в вышележащих горизонтах (1940–1970 гг.), относящихся ко второй зоне (Ch-II, 8–4 см), либо эти таксоны отсутствуют, либо их роль в составе комплексов заметно снижается. В то же время значительно возрастает количество теплолюбивых *Cladopelma* sp., *C. gr. mancus*, *Paratanytarsus* sp. Интересны находки головных капсул личинок *Chironomus solinarius* в слоях ДО. Данный вид обитает в теплых, эвтрофных озерах (хотя может встречаться и в арктических) и отличается низкой конкурентоспособностью [21, 35, 36]. Заметим, что *Ch. solinarius* — один из первых видов, поселяющихся в экотопах, подвергшихся влиянию резко переменявшихся условий окружающей среды, где его личинки беспрепятствен-

но могут обитать в условиях, малопригодных для личинок других хирономид [23]. Автор полагает, что именно в 1940-х гг. началось закисление воды оз. Орон. Первые этапы этого процесса начались в курьях и заливах озера.

В слоях ДО первой зоны (Ch-I, 4–0 см), сформировавшихся в 1970–1990 гг., отмечается наибольшее содержание останков личинок *M. thienemanni*. Содержание *A. rivalis* в тех же слоях ДО составляет ~18, *Hydrobaenus* sp. — 4%. В то же время в сложении ископаемой хирономидофауны резко возрастает роль представителей *Psectrocladius*, ассоциирующихся с озерами умеренного климата [25], и *Corynoneura* gr. *argtica*, *Eukiefferiella* sp. — эвритермных таксонов.

Представители рода *Psectrocladius* обитают в литорали [37] и обычно связаны с водной растительностью [20]; являются ацефилами [44] и часто становятся доминирующей группой в озерах, подвергнувшихся закислению [22, 35]. Существуют данные о заселении видами *Corynoneura* озер с pH 4 [40]. В хирономидокомплексе возрастает доля личинок *Cladopelma* sp., *C. gr. mancus*, *D. tritonus*. Резко увеличивается содержание головных капсул личинок *Stictochironomus* в горизонтах ДО. Заметим, что среди представителей этого рода тоже есть ацидофильные виды [46].

На фоне общего потепления климата и увеличения количества осадков, обеспечивающих положительный баланс снегового питания, формирования и широкого распространения снежников, в горах Кодарского хребта сохранялись низкие значения температуры. В этот промежуток времени процессы переувлажнения и заболачивания отдельных участков территории вступили в наиболее активную фазу. Об этом свидетельствуют и результаты спорово-пыльцевого анализа (рис. 3). В прогреваемых заливах и курьях оз. Орон широкое развитие получала водная растительность и связанные с ней виды хирономид. Закисление воды в озере привело к резкой перестройке в сообществах гидробионтов. Об этих явлениях свидетельствует скачок численности ацефиловых таксонов хирономид и появление видов-“оппортунистов” — приспособленцев с низкой конкурентоспособностью, поселяющихся в нарушенных экотопах, в условиях, не пригодных для жизни других таксонов, которые при благоприятных условиях могли бы вытеснить их из сообщества.

В вышележащих горизонтах керн, относящихся к зоне Ch-I, отмечается постепенное уве-

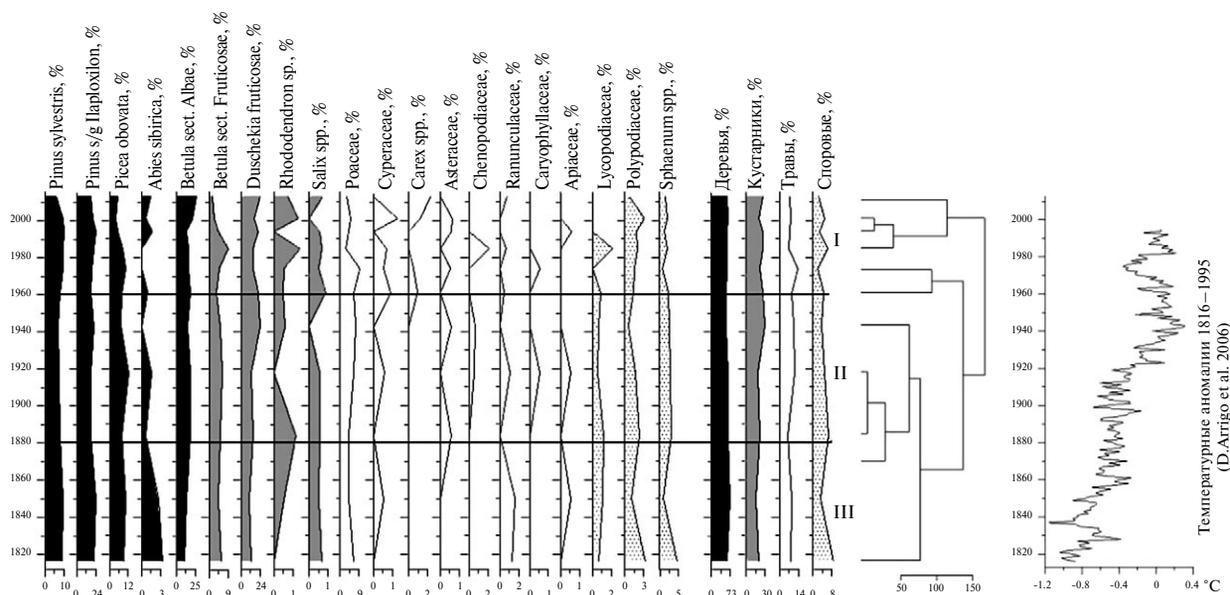


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма слоя в 10 см ядра ДО оз. Орон и их сопоставление с данными по изменению среднегодовых значений температуры в Северном полушарии [28].

личение числа головных капсул *Hydrobaenus* sp. до 9% и *A. rivalis* до 35%. Несмотря на продолжающееся повышение среднегодовой температуры в Северном полушарии с начала XXI в., в формировании ландшафта на Кодаре возрастает роль позднелетних снежников и снежников-перелетков. Водный баланс рек и ручьев, впадающих в Орон, характеризуется низкими показателями.

Растительность, являясь одним из важнейших компонентов наземных биогеоценозов, также подвержена влиянию биотических и абиотических факторов, воздействие которых приводит к ее перестройке и преобразованию. И наиболее распространенный метод изучения состава и истории развития растительного покрова отдельных территорий — спорово-пыльцевой анализ озерных отложений.

Накопление горизонтов ДО, соответствующих третьей спорово-пыльцевой зоне (СПЗ-III, 10–8 см), приходится на заключительные этапы МЛП в Северном полушарии (рис. 3). В этот отрезок времени значительная часть подгольцового пояса хребта Кодар была занята зарослями кедрового стланика (*Pinus* (s/g *Haploxylon*) *pumila*). В горных долинах были значительно распространены пихтовые, елово-пихтовые леса. Постепенно снижалось содержание пыльцы пихты сибирской (*Abies sibirica*) в палинологическом комплексе. Следует отметить, что эта древесная порода имеет наименьшую экологическую амплитуду по сравнению с остальными сибирскими хвойными; требует сравнительно влажного

климата и богатых питательными веществами почв, не выносит заболачивания, многолетней мерзлоты и вообще холодных, а также сухих и бедных почв, избегает резко континентального климата [17]. Таким образом, в конце МЛП на Кодаре, вероятно, были довольно благоприятные микроклиматические условия для насаждений *A. sibirica* и других теплолюбивых видов.

Встречаемость пихтовой пыльцы в спектрах СПЗ-II (8–5 см) еще более снижается по сравнению с СПЗ-III. В то же время здесь заметно возрастает участие пыльцы ели (*Picea obovata*) и ольхи (*Duschekia fruticosa*) в сложении спорово-пыльцевого спектра. Наблюдается незначительное увеличение содержания пыльцы древесных (*Betula* sect. *Albae*) и кустарниковых (*Betula* sect. *Fruticosae*) берез в спорово-пыльцевых спектрах. Участие пыльцы семейств *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae* и *Asteraceae* в спектрах палинозоны свидетельствует о существовании сухих остепненных участков на склонах южной экспозиции. Заметно снижается в спектрах палинозоны доля спор влаголюбивых растений — плаунов (*Lycopodium* sp.) и папоротников (*Polypodiaceae*). Содержание спор сфагновых мхов (*Sphagnum* spp.) в горизонтах ДО говорит о широком распространении переувлажненных/заболоченных участков.

Более широкая, по сравнению с пихтой, экологическая амплитуда ели позволяет ей переносить резко континентальный климат и мириться с меньшей влажностью воздуха. Благодаря

поверхностно расположенной горизонтальной корневой системе, ель лучше других вечнозеленых хвойных переносит низкую температуру почвы и присутствие многолетней мерзлоты [17]. Древесные березы (sect. *Albae*) очень чувствительны к изменению увлажнения почвы и выпадают из растительных сообществ при ее иссушении [5].

По мере потепления климата вместе с увеличением транспирации воды на равнинах возрастает количество снега, выпадающего в горах. Возрастает количество осадков в летнее время — увеличивается расход рек и ручьев. Приrost снежников и ледников начинает постепенно превышать их стаивание и абляцию. В то же время происходит заболачивание отдельных участков в долинах рек, ручьев и в других пониженных формах рельефа.

Дальнейшие преобразования растительных сообществ в ответ на изменяющиеся условия среды наглядно отображены в первой спорово-пыльцевой зоне (СПЗ-I, 5–0 см). Вместе с резким увеличением количества пыльцы влаголюбивых кустарников (*B. sect. Fruticosae*, *D. fruticosae*, *Salix* spp.) и древесных берез в горизонтах ДО заметно снижается роль пыльцы пихты и ели. Возрастает лесообразующая роль сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) у верхней границы леса. В группе травянистых растений увеличивается роль лугово-болотных (*Cyperaceae*, *Lycopodiaceae*, *Polypodiaceae*) и степных (*Asteraceae*, *Chenopodiaceae*) элементов.

Вслед за дальнейшим повышением средней температуры и увеличением количества осадков, выпадающих в летнее время, еще больше меняется баланс ледников в сторону их абляции. Заметно возрастает расход горных рек и ручьев. На хорошо прогреваемых склонах южной экспозиции формируются ксерофильные растительные сообщества; по долинам рек и ручьев, распадкам и другим понижениям рельефа широко распространяются гидрофильные, кустарниковые, лугово-болотные и болотные сообщества.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе данных, полученных в результате хирономидологического и палинологического анализа, выявлены некоторые аспекты изменения биотических и абиотических условий в оз. Орон и на сопредельных территориях. Установлено, что зимние месяцы на Кодаре во время МЛП отличались малоснежностью; лет-

ние также были сухими. Аккумуляция ледников и снежников в это время не превышала абляцию или была эквивалентна ей; расход рек и ручьев характеризовался низкими величинами. В то же время на рассматриваемой территории складывались вполне благоприятные локальные условия для произрастания пихты, очень требовательной к теплу и влажности. В заливах, заводях и курьях оз. Орон создавались благоприятные условия для обитания некоторых термофильных таксонов хирономид — *Cladopelma* sp., *C. gr. mancus*, *D. tritonus*.

С наступлением СП на Кодарском хребте выпадает больше осадков за счет увеличившейся транспирации воды в равнинных областях. Возрастает сток рек и ручьев, впадающих в оз. Орон. Однако по мере того, как в горах выпадает все больше снега и баланс снежников и ледников становится положительным, расход рек и ручьев снижается.

Со второй половины XX в. произошли значительные изменения в экосистеме оз. Орон. Большую роль в этом сыграло закисление воды в озере. По результатам проделанной работы можно предположить, что закисление озера могло быть связано с процессами заболачивания окрестных территорий, начавшихся в 1940-х гг.

В контексте глобальных изменений климата вторая половина XIX в. в целом характеризовалась постепенным потеплением, на фоне которого также наблюдались флуктуации температуры и увлажнения горных районов Восточной Сибири по сравнению с ее равнинными областями. При этом изменение влажности, которая имеет большую зависимость от локальных условий, носило не столь однозначный характер. Изучение палеоландшафтных условий на локальных территориях в разные промежутки времени вносит значительный вклад в понимание формирования их ландшафтно-климатических особенностей на уровне физико-географических комплексов разного ранга, что позволяет обосновать метахронность природных процессов на однотипных территориях [7]. Это обуславливает повышенный интерес к появлению новых материалов по палеогеографической истории разных регионов.

## Благодарности

*Выражаю искреннюю благодарность А.П. Федотову (Лимнологический институт СО РАН, Иркутск) за организацию и проведение экспедиции на оз. Орон в марте 2013 г.; В.А. Исаеву, О.А. Замулину, С.В. Никишину, М.А. Рогову, П.И. Старожуку*

(Государственный природный заповедник “Витимский”, Бодайбо) за оказанное содействие во время работы экспедиции; В.Б. Выркину (Институт географии СО РАН, Иркутск) за всестороннюю помощь, критический просмотр рукописи, сделанные замечания и ценные советы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Иркутской области. М., Иркутск: ГУГК Министерства геологии и охраны недр СССР, 1962. 182 с.
2. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М., Иркутск, 2004. 90 с.
3. Выркин В.Б. Гольцы Прибайкалья и северного Забайкалья, их границы и распространение // Процессы современного рельефообразования в Сибири. Иркутск: ИГ СО РАН, 1978. С. 63–68.
4. Каталог ледников СССР. Т. 17. Лено-Индибирский район. Вып. 2. Ч. 1. Хребет Кодар. Л.: Гидрометеодиздат, 1972. 44 с.
5. Клещева Е.А. Индикаторные особенности растений юга Сибири по отношению к фактору увлажнения почвы // Экология. 2010. № 6. С. 425–431.
6. Кузнецова Л.П. Перенос влаги в атмосфере над территорией СССР. М.: Наука, 1978. 91 с.
7. Марков К.К. Пространство и время в географии // Природа. 1965. № 5. С. 56–61.
8. Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Рожкова Н.А., Бондаренко Н.А., Кравцова Л.С., Шевелева Н.Г., Слугина З.В., Юрьев А.Л. Биота Витимского заповедника: структура биоты водных экосистем / Под ред. Матвеева А.Н. Новосибирск: Гео, 2006. 267 с.
9. Назарова Л.Б., Brooks S.D. Личинки хирономид (Diptera, Chironomidae) как индикаторы палеоклиматических изменений // Успехи современной биологии 2007. Т. 127. № 6. С. 619–629.
10. Осипов Э.Ю., Осипова О.П., Голобокова Л.П. Оценка современного состояния южного Сыгыктинского ледника – одного из крупнейших ледников хр. Кодар // Лед и Снег. 2012. № 2 (118). С. 51–58.
11. Перов В.Ф. Снежники, ледники и мерзлотный рельеф Хибинских гор. М.: Наука, 1968. 120 с.
12. Пластинин Л.А., Плюснин В.М., Чернышов Н.И. Ландшафтно-аэрокосмические исследования экзотического рельефообразования в Кодаро-Удоканском горном районе. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1993. 200 с.
13. Преображенский В.С. Кодарский ледниковый район (Забайкалье). М.: Изд-во АН СССР, 1960. 74 с.
14. Томилов А.А. Материалы по гидробиологии некоторых глубоководных озер Олекмо-Витимской горной страны // Тр. ИГУ. Сер. Биология. Т. XI. Л.: Изд-во ЛГУ, 1954. С. 5–86.
15. Федотов А.П., Воробьева С.С., Бондаренко Н.А., Томберг И.В., Жученко Н.А., Сезько Н.П., Степанова Н.Г., Мельгунов М.С., Иванов В.Г., Железнякова Т.О., Шабурова Н.И., Четветкина Л.Г. Влияние природных и антропогенных факторов на развитие удаленных озер Восточной Сибири за последние 200 лет // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 2. С. 394–410.
16. Шульга Е.Л. О зоопланктоне оз. Орон // Тр. ИГУ. Т. VII. Вып. 1, 2. 1953. С. 135–144.
17. Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1962. 439 с.
18. Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. Pollen analysis and pollen diagrams // Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. New York: Jhon Wiley & Sons, 1986. P. 455–484.
19. Briffa K.R., Osborn T.J., Schweingruber F.H., Harris I.C., Jones P.D., Shiyatov S.G., Vaganov E.A. Low-frequency temperature variations from a northern tree ring density network // J. Geophysical Res. 2001. V. 106. P. 2929–2941.
20. Brodersen K.P., Odgaard B.V., Vestergaard O., Anderson N.J. Chironomid stratigraphy in the shallow and eutrophic Lake Søbygaard, Denmark: chironomid-macrophyte co-occurrence // Freshwater Biol. 2001. V. 46. P. 253–267.
21. Brodin Y.-W. Paleocological studies of the recent development of Lake Våxjösjön. IV. Interpretation of the eutrophication process through the analysis of subfossil chironomids // Archiv für Hydrobiologie. 1982. V. 93. P. 313–326.
22. Brodin Y.-W., Gransberg M. Responses of insects, especially Chironomidae (Diptera), and mites to 130 years of acidification in a Scottish lake // Hydrobiologia. 1993. V. 250. P. 201–212.
23. Brooks S.J. The response of Chironomidae (Insecta: Diptera) assemblages to Late-glacial climatic change in Kråkenes Lake, Wastern Norway // Quaternary Proc. 1997. V. 5. P. 49–58.
24. Brooks S.J., Langdon P.G., Heiri O. The identification and use of Palaeartic Chironomidae larvae in palaeoecology // Quaternary research association. Tech. guide no 10. 2007. 275 p.
25. Brundin L. Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgessen. Ein Beitrag zur Kenntnis der bodenfaunistischen Charakterzüge schwedischer oligotropher Seen // Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm, 1949. V. 30. P. 1–914.
26. Cranston P.S., Oliver D.R., Saether O.A. The larvae of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and diagnoses // Entomologica Scandinavica Suppl. 1983. V. 19. P. 149–291.
27. Cranston P.S., Oliver D.R., Saeter O.A. The adult males of Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region – Keys and diagnoses // Entomologica Scandinavica Suppl. 1989. V. 34. P. 165–352.

28. *D'Arrigo R., Wilson R., Jacoby G.* On the long-term context for late twentieth century warming // *J. Geophys. Res.* 2006. V. 111. P. D03103.
29. *Ding Y.H.* Buildup, air-mass transformation and propagation of Siberian High and its relations to cold surge in East Asia // *Meteorol. Atmospheric Phys.* 1990. V. 44. № 1–4. P. 281–292.
30. *Enushchenko I.V., Melgunov M.S., Fedotov A.P.* Reconstruction of summer temperatures in East Siberia (Russia) for the last 850 years, inferred from records in lake sediments of non-biting midges (Diptera: Chironomidae) // *Int. J. Environ.-Studies.* 2014. V. 71. № 5. P. 647–655.
31. *Fedotov A.P., Chensky D.A., Grigorev K.A., Stepanova O.G., Chensky A.G., Chechetkina L.G.* Reconstruction of the Late-glacial and Holocene history of Lake Oron (Eastern Siberia, Russia) based on high-resolution reflection seismic data // *Environ. Earth Sci.* 2015. V. 74. P. 2083–2091.
32. *Fedotov A.P., Phedorin M.A., Enushchenko I.V., Vershinin K.E., Melgunov M.S., Khodzher T.V.* A reconstruction of the thawing of the permafrost during the last 170 years on the Taimyr Peninsula (East Siberia, Russia) // *Global and Planetary Change.* 2012. V. 98–99. P. 139–152.
33. *Fedotov A.P., Vorobyeva S.S., Vershinin K.E., Enushchenko I.V., Krapivina S.M., Tarakanova K.V., Ziborova G.A., Nurgaliev D.K., Yassonov P.G., Borisov A.S.* Climate changes in East Siberia (Russia) in the Holocene based on diatom, chironomid and pollen records from the sediments of Lake Kotokel // *J. Paleolimnol.* 2012. V. 47. № 4. P. 617–630.
34. *Ferrington L.* Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta – Diptera) in freshwater // *Hydrobiologia.* 2007. V. 595. P. 447–455.
35. *Henrikson L., Olofsson J.B., Oscarson H.G.* The impact of acidification on Chironomidae (Diptera) as indicated by subfossil stratification // *Hydrobiologia.* 1982. V. 86. P. 223–229.
36. *Johnson R.K., Wiederholm T.* Classification and ordination of profundal macroinvertebrate communities in nutrient poor, oligo-masohumic lakes in relation to environmental data // *Freshwater Biol.* 1989. V. 21. P. 375–386.
37. *Lindegaard C.* Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population, dynamics and production // *Oikos.* 1992. V. 64. P. 257–304.
38. *Margold M., Jansen J., Gurinov A.L., Cudilean A.T., Fink D., Preusser F., Reznichenko N.V., Mifsud Ch.* Extensive glaciation in Transbaikalia, Siberia, at the last Glacial Maximum // *Quaternary Sci. Rev.* 2016. V. 132. P. 161–174.
39. *Moberg A., Sonechkin D.M., Holmgren K., Datsenko N.M., Karlen W.* Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data // *Nature.* 2005. V. 433. P. 613–617.
40. *Moller Pillot H.K.M.* De fauna van het Drongelens Kanaal: inventarisatie, natuurwaarden en betekenis hiervan voor de inrichting / einredactie. Tilburg: Oecologisch Adviesbureau, 1992. 39 p.
41. *Oliver D.R.* Life History of the Chironomidae // *Annual Rev. Entomol.* 1971. V. 16. P. 211–230.
42. *Osborn T.J., Briffa K.R.* The spatial extent of 20th century warmth in the context of the past 1200 years // *Sci.* 2006. V. 311. P. 841–844.
43. *Osipov E. Y., Osipova O.P.* Mountain glaciers of southeast Siberia: current state and changes since the Little Ice Age // *Annals of Glaciol.* 2014. V. 55. № 66. P. 167–176.
44. *Pinder L.C.V., Morley D.J.* Chironomidae as indicators of water quality – with a comparison of the chironomid faunas of a series of contrasting Cumbrian Tarns // *Insects in a changing environment.* London: Acad. Press, 1995. P. 272–293.
45. *Pinder L.C.V., Reiss F.* The larvae of Chironomidae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region. Keys and diagnoses // *Entomologica Scandinavica Suppl.* 1983. V. 19. P. 293–435.
46. *Raddum G.G., Saether O.A.* Chironomid communities in Norwegian lakes with different degrees of acidification // *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie.* 1981. V. 21. P. 399–405.
47. *Saether O.A.* Taxonomic studies of Chironomidae: Nanocladius, Pseudochironomus, and the Harnischia-complex // *Bull. Fisheries Res. Board of Canada.* 1977. V. 196. P. 1–143.
48. *Saether O.A.* Chironomid communities as water quality indications // *Holarctic Ecol.* 1979. V. 2. P. 65–74.
49. *Stepanova O.G., Trunova V.A., Zvereva V.V., Melgunov M.S., Fedotov A.P.* Reconstruction of glacier fluctuations in the East Sayan, Baikalsky and Kodar Ridges (East Siberia, Russia) during the last 210 years based on high-resolution geochemical proxies from proglacial lake bottom sediments // *Environ. Earth Sci.* 2015. V. 74. P. 2029–2040.
50. *Stokes C.R., Shahgedanova M., Evans I.S., Popovnin V.V.* Accelerated loss of alpine glaciers in the Kodar Mountains, south-eastern Siberia // *Global and Planetary Change.* 2013. V. 101. P. 82–96.
51. *Vorobyeva S.S., Trunova V.A., Stepanova O.G., Zvereva V.V., Petrovskii S.K., Melgunov M.S., Zheleznyakova T.O., Chechetkina L.G., Fedotov A.P.* Impact of glacier changes on ecosystem of proglacial lakes in high mountain regions of East Siberia (Russia) // *Environ. Earth Sci.* 2015. № 74. P. 2055–2063.
52. *Walker I.R., Smol J.P., Engstrom D.R., Birks H.J.B.* An assessment of Chironomidae as quantitative indicators of past climatic change // *Canadian J. Fisheries and Aquatic Sci.* 1991. V. 48. P. 975–987.

**ENVIRONMENTAL CHANGES IN LAST 200 YEARS  
FROM RESULTS OF BOTTOM-SEDIMENTS ANALYSIS OF LAKE ORON  
(KODAR RIDGE, EASTERN SIBERIA, RUSSIA)**

© 2019 I. V. Enushchenko<sup>1,\*</sup>

*<sup>1</sup>Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

*Russia 664033 Irkutsk*

*\*e-mail: deschampsia@yandex.ru*

Received: 30.01.2017

Revised version received: 04.05.2017

Accepted: 29.06.2017

Records of bottom sediments accumulated in Lake Oron over the last 200 years were analyzed. Chironomidological and palynological examinations of Lake Oron bottom sediments, based on a 10-cm-thick sample from drilling, were conducted. The dynamic climate effect on fauna was studied by examination of Chironomidae larvae from the lake. The lake's hydrological status and the local and regional landscape and vegetation were also determined. As a result of these environmental studies, the effect of Lake Oron's nearshore conversion to bog on the process of the lake water's acidification was assumed, and the approximate dates of the process were defined as beginning in the 1940s.

**Keywords:** paleolimnology, Chironomidae larva, palynology, climatic changes.

**DOI:** 10.31857/S0321-0596464447-456