

North-Eastern Federal University
Russian Academy of Sciences

**Paleolimnology of Northern Eurasia
Experience, Methodology, Current Status**

Proceedings of the International Conference

Yakutsk
22 – 27 August 2016

Yakutsk
2016

УДК 56:556.55.(4/5)
ББК 28.1 (05)

Печатается по решению Ученого совета
Института естественных наук СВФУ им.М.К.Аммосова

Editors:

*Lyudmila Pestryakova, Sardana Levina, Ruslan Gorodnichev,
Iwan Yadrikhinski, Paraskovya Davydova*

Paleolimnology of Northern Eurasia. Experience, Methodology, Current Status :
Proceedings of the International Conference. Yakutsk, 22 -27 August, 2016 / Eds. : S. Levina,
R. Gorodnichev, I. Yadrikhinski, P. Davydova. – Yakutsk : North-Eastern Federal University,
2016. 178 p.

ISBN 978-5-7513-2290-8

УДК 56:556.55.(4/5)
ББК 28.1 (05)

©North-Eastern Federal University, 2016

Organizing committee:

Evgeniya Mikhaylova, Konstantin Krivoshapkin, Vladlen Kugunurov, Petr Shamaev, Vladimir Kopylov, Gerasim Pavlov, Afanasiy Savvin, Nadezhda Zaykova, Gennadiy Zolotarev, Vasiliy Savvinov, Mikhail Fedorov, Anatoliy Nikolaev, Lyudmila Pestryakova, Mikhail Cherosov, Ruslan Gorodnichev, Iwan Yadrikhinski, Lena Ushnitskaya, Sardana Levina, Paraskovia Davydova, Dmitry Subetto.

Scientific committee:

Dmitriy Subetto (Northern Water Problems Institute, Karelian Research Center, Russian Academy

of Sciences, Petrozavodsk, Russia)

Lyudmila Pestryakova (North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia)

Larisa Frolova (Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia)

Danis Nurgaliev (Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia)

Bernhard Diekmann (Alfred Wegener Institute – Helmholtz Center for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany)

Ulrike Herzsuh (Alfred Wegener Institute – Helmholtz Center for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany)

Larisa Nazarova (Potsdam University, Potsdam, Germany)

Sakhamin Afanas'ev (Minister of Nature Protection of Sakha Republic, Yakutsk, Russia)

Vladislav Kuznesov (Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia)

Evgeny Nesterov (Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg, Russia)

Mikhail Grigoryev (Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia)

Olga Solomina (Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia)

Tatyana Sapelko (Institute of Limnology, Saint-Petersburg, Russia)

Grigory Fedorov (Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia)

Oleg Timoshkin (Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia)

Martinn Melles (Cologne University, Cologne, Germany)

Boris Vlasov (Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus)

Piotr Kittel (University of Lodz, Lodz, Poland)

Nadezhda Razhigaeva (Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Russia) of Sciences, Petrozavodsk, Russia)

Heikki Seppa (Helsinki University, Helsinki, Finland)

Alexander Lisitsyn (Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Moscow, Russia)

Tiit Hang (Tartu University, Tartu, Estonia)

Elena Bezrukova (Institute of Geochemistry, Siberian Branch of RAS, Irkutsk, Russia)

Tatyana Moiseenko (Vernadsky Institute of geochemistry and analytical chemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia)

**Содержание сборника трудов
международной конференции
"Палеолимнология Северной Евразии"**

TITLE	Page
<u>Main reports</u> <u>Основные доклады</u>	10
Subetto D.A. PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCHES IN NORTHERN EURASIA	10
Kittel P., Mazurkevich A., Dolbunova E., Kalicki T., Kulkova M., Pawlowski D., Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R., Zaitseva G. EVOLUTION OF LAKE BASINS IN THE SERTEYA REGION (WESTERN RUSSIA) IN THE CONTEXT OF NEOLITHIC SETTLEMENT'S DEVELOPMENT	13
Andrei A. Andreev, Larisa A. Savelieva, Lyudmila Shumilovskikh, Raphael Gromig, Volker Wennrich, Grigory Fedorov, Dmitry A. Subetto, Sebastian Krastel, Bernd Wagner, Martin Melles NEW PALYNOLOGICAL DATA FROM THE LAKE LADOGA POSTGLACIAL-GLACIAL-PREGLACIAL SEDIMENT RECORD	17
Pestryakova L.A., Gorodnichev R.M., Yadrikhinskiy I.V., Ushnitskaya L.A. MODERN RUSSIAN-GERMAN PALEOLIMNOLOGICAL AND PALEOGEOGRAPHIC RESEARCHES ON THE TERRITORY OF YAKUTIA	19
<u>Section 1.</u> A review of the paleogeographic, paleolimnological, paleoclimatological, dendrochronological researches of North Eurasia	
<u>Направление 1.</u> Обзор палеогеографических, палеолимнологических, палеоклиматических, дендрохронологических исследований Севера Евразии	21
<u>Oral section</u> Устные доклады	21
Bezrukova E.V., Amosova A.A., Kraynov M.A., Shchetnikov A.A., Kulagina N.V., Kostrova S.S FIRST RESULTS OF PALEOLIMNOLOGICAL STUDIES IN THE CONTINUOUS PERMAFROST ZONE OF TSIPO-TSIPIKANSKAYA BASIN (NORTH OF THE BURYATIA REPUBLIC)	21
Frolova L. A. CLADOCERA IN PALEOECOLOGICAL AND PALEOCLIMATIC RECONSTRUCTION	24
Leontev P.A., Subetto D.A., Grekov I.M., Kuznetsov D.D., Kolka V.V., Ludikova A.V., Sapelko T.V., Syrykh L.S., Tolstobrov D.S. PALEOLIMNOLOGICAL INVESTIGATIONS IN THE ONEGA PENINSULA, THE WHITE SEA	27
Nikolaev A. N. DENDROCHRONOLOGICAL RESEARCHES IN NORTH-EASTERN RUSSIA	30
Sapelko T.V., Kuznetsov D.D., Tsyganov A.N., Zharov A.A. PALEOLIMNOLOGY OF SHATURA LAKES (MOSCOW REGION, RUSSIA)	32
Minina M.V. PALAEOLIMNOLOGICAL AND PALEOGEOGRAPHIC RECONSTRUCTION METHODS OF THE LADOGA LAKE LEVELS	35
Voronin V.I., Oskolkov V.A., Buyantuev V.A., Shvetsov S.G., Moritz R.S. CONSTRUCTION OF A MULTI-CENTURY TREE-RING CHRONOLOGY FROM THE HOLOCENE DEPOSITS OF THE MUYA RIVER VALLEY, NORTH BAIKAL REGION, RUSSIA	39
Yadrikhinskiy I.V., Pestryakova L.A., Gorodnichev R.M., Rudaya N.A. CURRENT STATE OF PALEOGEOGRAPHIC STUDY OF LATE PLEISTOCENE	40

AND HOLOCENE SEDIMENTS, KOTELNY ISLAND (NEW SIBERIAN ISLANDS)	
Poster section Постерные доклады	44
Grekov I.M., Kolka V.V. PALEOLIMNOLOGICAL STUDY OF LAKE SEDIMENTS ON SW KOLA PENINSULA	44
Kittel P., Antczak O., Brooks S.J., Elias S., Krapiec M., Luoto T.P., Okupny D., Pawlowski D., Plóciennik M., Rzdokiewicz M., Sikora J., Stachowicz-Rybka R., Wacnik A. PALAEOENVIRONMENTAL RESEARCH OF THE ORGANIC FILL OF THE ROZPRZA RING-FORT MOAT, CENTRAL POLAND	47
Nesterova L.A. LAKES OF THE EASTERN PART OF THE LENINGRAD DISTRICT: PALEOLIMNOLOGICAL ASPECT	51
Borodulina G. S., Voronyuk G. Y., Krainiukova I. A., Rybakin V. N., Subetto D. A., Tokarev I. V. INFLUENCE OF PALEO GEOGRAPHIC EVOLUTION OF THE BALTIC-WHITE SEA REGION ON THE MODERN SURFACE AND GROUNDWATER DURING THE LATE CENOZOIC	53
<u>Section 2.</u> Evolution of the lake ecosystems of North Eurasia in geological past	
<u>Направление 2.</u> Эволюция озерных экосистем севера Евразии в геологическом прошлом	57
Oral section Устные доклады	57
Golubeva Yu. V., Buravskaya M.N. LIMNIC SEDIMENTATION IN THE VYCHEGDA RIVER VALLEY DURING THE HOLOCENE	57
Gorlach A. V., Hang T., Kalm V. EVOLUTION OF LATE WEICHSELIAN LAKES IN NORTHWEST RUSSIA	59
Kublitskiy I.A., Kharin G.S., Subetto D.A., Arslanov Kh.A. THE DYNAMIC OF THE HYDROGRAPHIC NET OF VISHTYNETS HIGHLAND (KALININGRAD DISTRICT) DURING LATE NEO PLEISTOCENE AND EARLY HOLOCENE	62
Karpuhina N.V., Konstantinov E.A., Kurbanov R.N., Dergach A.A. THE HISTORY OF SMALL LAKES OF THE CENTRAL PART OF THE PSKOV LOWLAND	65
Protopopov A.V. RECONSTRUCTION OF COASTAL WATER AND WETLAND PHYTOCENOSIS IN LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE YAKUTIA	68
<u>Section 3.</u> Micropaleontological, geological and radiometric methods in paleolimnology	
<u>Направление 3.</u> Микропалеонтологические, геологические и радиометрические методы в палеолимнологии	71
Oral section Устные доклады	71
Abramson N.I, Petrova T.V., Zakharov E.S., Pestryakova L.A. THE HISTORY OF DEVELOPMENT OF THE NARROW-HEADED VOLE'S (MICROTUS GREGALIS PALLAS, 1778) CURRENT DISTRIBUTION RANGE	71
Darin A.V., Kalugin I.A., Maksimova N. V., Markovich T.I., Rogozin D.Y., Meydus A.V., Darin F.A., Rakshun Y.V., Sorokoletov D.S. 1908 TUNGUSKA EVENT TRACK IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE ZAPOVEDNOYE LAKE ("TUNGUSKA " RESERVE)	73
Darin A. V., Kalugin I.A., Safonov I.A., Rogozin Y.A., Darin F.A., Chu Guoqiang,	75

Sun Qing THE BELE LAKE RECENT SEDIMENT'S VARVOCHRONOLOGY BASED ON OPTICAL AND MICROANALYTICAL RESEARCHES	
Denisov D.B., Kosova A.L., Kashulin N.A., Borisov A.P., Christensen G.N. DIATOM ASSEMBLAGES OF THE SEDIMENTS IN SMALL ARCTIC LAKE (BARENTS SEA COAST)	77
Enushchenko I.V. SOME INTERESTING NON-BITING MIDGES LARVAE (INSECTA: DIPTERA: CHIRONOMIDAE) FROM THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE ORON (EAST SIBERIA)	80
Kalugin I.A., Meydan F., Darin A.V., Markovich T.I., Babich V.V., Rogozin D.Yu THE COMPOSITION AND VARVED LAKE SEDIMENTS STRUCTURE	84
Kosova A.L., Denisov D.B. DIATOM ASSEMBLAGES OF THE LAKE SCHUCHJE (Khibiny Massif)	87
Ludikova A.V. DIATOMS AS INDICATORS OF CHANGING SEDIMENTARY ENVIRONMENTS: PALAEO-LIMNOLOGICAL ASPECT	91
Liudmila A. Pestryakova, Andrea Schneider, Lutz Schirrmeister, Anatoly A. Bobrov, S. Wetterich BIOLOGICAL INSIGHTS INTO POLYGON TUNDRA OF THE THE INDIGIRKA LOWLAND	92
Plotnikov V.V., Mashchenko E. N. MAMMOTH FAUNA SITE ON THE CRYOGENIC LAKE "BULGUNNYAKHTAKH", UST-YANSKY DISTRICT, SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA)	94
Pokorný P., Hošek J., Prach J. CLIMATIC FORCING OF LAKE CATCHMENT AND LAKE BASIN DEVELOPMENT DURING THE LAST GLACIAL TO HOLOCENE TRANSITION. A MULTI-PROXY STUDY FROM THE CZECH REPUBLIC	97
Potakhin M.S., Subetto D.A., Zobkov M.B., Tarasov A.Y., Gurbich B.A. GIS-RECONSTRUCTIONS OF THE ONEGO LAKE DEVELOPMENT IN THE LATE-GLACIAL PERIOD	99
Shelekhova T.S., Lavrova N.B., Subetto D.A. LATE GLACIAL AND HOLOCENE EVOLUTION OF LAKE SYARGOZERO BASED ON MICROPALAEONTOLOGICAL EVIDENCE (ONEGA LAKE BASIN, KARELIA, RUSSIA)	103
Zakharov E.S., Pestryakova L.A., Bochkarev NA, Zuykova EI, Romanov VI, Politov D.V. DISPERSAL AND HYBRIDIZATION OF SIBERIAN WHITEFISH COREGONUS LAVARETUS PIDSCHIAN (GMELIN) IN THE ARCTIC WATER BODIES DURING THE LATE PLEISTOCENE	106
Zielinski A., Ziętek J., Strzempowicz A., Łyskowski M., Mazurkiewicz E. IMPLEMENTATION OF GPR METHOD FOR PALEOLIMNOLOGY STUDIES ON SELECTED OBJECTS IN POLAND	110
Poster section Постерные доклады	111
Boyko A.A., Anisimov M.A. ANALYSIS OF DATING OF MARINE AND CONTINENTAL SEDIMENTS OF THE KOLA PENINSULA, REFLECTING THE DYNAMICS OF SEA LEVEL	111
Gafiatullina L.I., Frolova L.A., Solomin Y.R., Lapshina E.D., Filippova N.V. CLADOCERAN ANALYSYS OF SEDIMENT FROM UPLAND SWAMP CHISTOE IN KHANTY-MANSI AUTONOMOUS REGION	113
Ibragimova A. G., Frolova L. A., Grekov I.M., Strykh L. S., Kolka V.V. ANALYSIS OF SUBFOSSIL CLADOCERA (BRANCHIOPODA, CRUSTACEA) FROM BOTTOM DEPOSITS OF LAKE ANTYUKH-LAMBINA (KOLA PENINSULA, NW RUSSIA)	116
Lavrova N. B., Subetto D.A. PALYNOLOGICAL CHARACTERISTIC OF	118

VARVED CLAY OF THE PERIGLACIAL LAKE ONEGA (NEW DATA)	
Syrykh L., Nazarova L., Frolova L., Grekov I., Ibragimova A., Subetto D. RECONSTRUCTION OF HOLOCENE PALAEOCLIMATE AND PALAEOENVIRONMENT ON THE KOLA PENINSULA (NW RUSSIA) FROM LAKE SEDIMENT RECORD	122
Section 4. Reconstructions of the natural-climatic events by paleolimnological data	
Направление 4. Реконструкции природно-климатических обстановок по палеолимнологическим данным	123
Oral section Устные доклады	123
Borisova O. K. INTERPRETATION OF PALYNOLOGICAL DATA ON SEDIMENTS OF SMALL LAKES IN DIFFERENT LANDSCAPE AND CLIMATIC CONDITIONS	123
Solotchin P.A., Solotchina E.P., Zhdanova A.N., Danilenko I.V. COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS FROM LAKES OF WESTERN SIBERIA SOUTH PART AS AN INDICATOR OF HOLOCENE CLIMATE CHANGES	126
Nazarova L.B. NORTH-EURASIAN DATA BASES AND REGIONAL STATISTIC MODELS AS A TOOL FOR PALAEOCLIMATIC INFERENCES	130
Poster section Постерные доклады	131
Cherezova A.A., Fedorov G.B., Ludikova A.V., Yezhikov I.S., Raschke E.V. NEW DATA ABOUT HOLOCENE PALEOGEOGRAPHY OF SEVERNAYA ZEMLYA ARCHIPELAGO	131
Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Makarova T.R., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A. DEVELOPMENT OF THE PALEOLAKE ON SHKOTOVSKOE PLATEAU, SIKHOTE-ALIN, AT LATE HOLOCENE	134
Section 5. Paleolimnological data base creation according with the modern conditions of the lake ecosystems in North Eurasia	
Направление 5. Разработка палеолимнологической базы данных на основе современного состояния экосистем озер севера Евразии	137
Oral section Устные доклады	137
Bobrov A.A. TESTATE AMOEBAE POLYGONAL TUNDRA PONDS	137
Biskaborn B.K., Pestryakova L.A., Diekmann B., Dressler A., Löffler T., Weniger L., Nazarova L., Syrykh L., Subetto D., LIMNOECOLOGICAL AND SEDIMENTARY VARIABILITY IN LAKE BOLSHOE TOKO, SOUTHERN YAKUTIA (RUSSIA)	138
Belkina N.A., Kulik N.V. SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE MODERN SEDIMENTS IN LAKE ONEGO	139
Diekmann B. PERIGLACIAL LAKE SYSTEMS ON EARTH'S THIRD POLE	142
Kruse S., Wieczorek M., Jeltsch F., Pestryakova L.A., Herzsuh U. RESPONSE OF SIBERIAN TREELINE FORESTS LAGS BEHIND CLIMATE WARMING REVEALED BY INDIVIDUAL-BASED MODELING	142
Kruse S., Wieczorek M., Jeltsch F., Pestryakova L.A., Herzsuh U.	143

POPULATION GENETICS AND INDIVIDUAL-BASED MODELLING - SIBERIAN TREELINE DYNAMICS IN A WARMING CLIMATE	
Kalugin I.A., Darin A.V., Tretyakov G.A. GEOCHEMICAL INDICES OF ENVIRONMENT IN MODERN LACUSTRINE SEDIMENTARY RECORDS	144
Kuznetsov D.D. ORGANIC MATTER CONTENT DYNAMICS IN LAKE SEDIMENT CORES OF EUROPEAN RUSSIA AND HOLOCENE CLIMATIC CHANGES	146
Niemeyer B., Epp L.S., Herzsuh U. FLORAL COMPOSITION OF THE TREELINE ECOSYSTEM REVEALED BY POLLEN ANALYSES AND DNA FROM NORTH SIBERIAN ARCTIC LACUSTRINE SEDIMENTS	149
Rogozin D. Y., Tarnovskii M.Y., Zykov V.V., Kalugin A.I., Darin A.V., Beloliprskii V.M. СВЯЗЬ ДИНАМИКИ УРОВНЯ С РЕЖИМОМ СТРАТИФИКАЦИИ СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ): ОТ СОВРЕМЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ К ПАЛЕО-РЕКОНСТРУКЦИИ	150
Solotchina E.P., Solotchin P.A., Danilenko I.V., Markova Yu.N. CARBONATE MINERALOGY OF SEDIMENTS FROM SHALLOW LAKES OF BAIKAL REGION: WATER BALANCE AND PALEOCLIMATIC CONDITIONS	152
Stoof-Leichsenring K.R., Pestryakova L.A., Herzsuh U. PAST GENETIC PATTERNS OF ARCTIC FRESHWATER DIATOMS FROM THERMOKARST LAKES IN SIBERIA	155
Strakhovenko V.D., Ovdina E.A. LATERAL AND VERTICAL ELEMENTS DISTRIBUTION IN SMALL CONTINENTAL LAKE SYSTEMS COMPONENTS OF SIBERIA	156
Wieczorek M., Kolmogorov A., Kruse S., Jacobsen I., Nikolaev A.N., Heinrich I., Pestryakova L.A., Herzsuh U. TREELINES AND DISTURBANCES: A STUDY ALONG THE LOWER KOLYMA RIVER	159
Yadrikhinskiy I.V., Pestryakova L.A., Gorodnichev R.M., Ushnitskaya L.A., Subetto D.A., Frolova L.A. DATABASE "MORPHOMETRICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF THERMOKARST (POLYGONAL) PONDS IN NORTHERN PART OF YAKUTIA AND NEW SIBERIAN ISLANDS"	160
Zimmermann H., Raschke E., Epp L., Stoof-Leichsenring K., Overduin P., Schwamborn G., Schirrmeister L., Herzsuh U. ANCIENT DNA REVEALS THE ORIGIN OF PLANT ORGANIC MATTER FROM LATE QUATERNARY PERMAFROST SEDIMENTS OF THE BUOR KHAYA PENINSULA (NORTH-EASTERN SIBERIA)	162
Poster section Постерные доклады	163
Belkina N.A. THE CHANGE OF THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION OF ORGANIC MATTER OF SEDIMENTS OF PETROZAVODSK BAY OF LAKE ONEGO IN THE PROCESS OF EARLY DIAGENESIS	164
Davydova P.V., Pestryakova L.A., Levina S.N. CREATING A LAYOUT "ATLAS MICROGRAPHS OF DIATOMS YAKUTIA ARCTIC LAKES"	166
Frolova L.A., Nigamatsyanova G.R., Cafiatullina L.I., Pestryakova L.A. CLADOCERA OF LAKE SUTURUOKHA (INDIGIRKA RIVER BASIN, EASTERN SIBERIA) ACCORDING TO THE ANALYSIS OF SEDIMENTS AND CONTEMPORARY ZOOPLANKTON)	167
Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A., Ushnitskaya L.A., Spiridonova I.M., Yadrikhinskiy, Frolova L.A. CREATION OF THE DATABASE "DIATOM ASSEMBLAGES, MORPHOMETRICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF LAKES IN BASINS OF MAJOR RIVERS IN NORTHERN PART OF YAKUTIA"	169

Gurbich V.A., Potakhin M.S., Belkina N.A., Subetto D.A. CREATION OF PALEOLIMNOLOGICAL DATABASE „PALEOONEGO”	171
Palagushkina O.V., Nazarova L.B., Syrykh L.S., Vetterikh S., Shirrmayster L., Abnizova A. INVESTIGATIONS OF FOSSILIZED ORGANISMS FROM MODERN SEDIMENTS OF HIGHLATITUDE WATER BODIES OF BERINGIA (NEW SIBERIAN ISLANDS, RUSSIA AND BATHURST ISLAND, NUNAVUT, CANADA) FOR IDENTIFYING THE LEADING ENVIRONMENTAL FACTORS)	174

PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCHES IN NORTHERN EURASIA

D.A. Subetto
Northern Water Problems Institute, RAS

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Д.А. Субетто
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

Донные отложения озер являются одними из самых детальнейших геологических архивов, в которых сохранена информация о прошлых природно-климатических обстановках регионального и планетарного уровня с разрешением от тысячелетий и столетий до года (Субетто и др., 2009).

В последние годы значительно вырос интерес к палеолимнологическим исследованиям Северного полушария, что вызвано, в первую очередь, проблемой глобального изменения климата, особенно в высоких широтах. В приполярных областях Северного полушария располагается огромное количество озер различного генезиса и морфометрии, заархивировавших в своих донных отложениях подробную информацию об изменениях климата и ландшафтов в плейстоцене и голоцене. Суммарная площадь озер Севера может быть оценена как поверхность, превышающая 80×10^3 км². Среди них преобладают озера ледникового и термокарстового генезиса (Рянжин и др., 2010).

Долгое время озера полярных регионов из-за своего труднодоступного географического положения были слабо изучены. Начало палеолимнологическим исследованиям в Арктике и Антарктике было положено учеными Арктического и антарктического научно-исследовательского института Росгидромета в 1960-1970 гг. Позже, в 1980-е годы проводились исследования по проекту «История озер СССР» Институтом озероведения АН СССР, Якутским государственным университетом имени М.К. Аммосова (в настоящее время Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова), Институтом географии АН СССР и другими смежными институтами и университетами. В рамках этого проекта были изучен ряд озер Кольского полуострова, Большеземельской тундры, п-ова Таймыр, Якутии и других северных регионов нашей страны (История озер Восточно-Европейской ..., 1992; История озер Севера Азии ..., 1995).

В последние десятилетия развернулись активные научно-исследовательские работы по изучению стратиграфии донных отложений озер Севера Евразии и реконструкции палеогеографических и палеоклиматических обстановок прошлого учеными различных учреждений России при участии зарубежных коллег. Следует отметить такие международные проекты, как «Озеро Эльгыгытгын», «Озера Сибири», «ПЛОТ» и др., в рамках которых проводятся палеолимнологические исследования в северных районах Евразии. В настоящее время в уникальном озере метеоритного происхождения Эльгыгытгын вскрыты отложения, послойное изучение которых позволит реконструировать изменения климата на протяжении 3,6 млн. лет (Brigham-Grette et al., 2013; Melles et al., 2012; Olaf Jushus et al., 2011).

В настоящее время ведутся широкомасштабные палеолимнологические исследования в Якутии, возглавляемые СВФУ им. М.К. Аммосова (российско-германская лаборатория «Биологический мониторинг (БиоМ)», возглавляемая проф., д.г.н. Л.А.Пестряковой). Республику Якутия без преувеличения можно назвать одним из самых озерных субъектов Российской Федерации. В ее пределах находится более

700 тысяч озер. Подавляющее большинство водоемов характеризуется небольшими размерами (менее 1 км²) и только 32 озера имеет площадь более 50 км² каждое, 10 из них — более 100 км². Наибольшее сосредоточение озер, в том числе и крупных, наблюдается на северо-востоке республики, в пределах Яно-Индигирской, Абыйской (Среднеиндигирской) и Колымской низменностей. Более других распространены озера с котловинами термокарстового генезиса, данный тип преобладает в равнинных и низменных районах Центральной и Северной Якутии; также представлены карстовые, ледниковые, тектонические, водно-эрозионные и водно-аккумулятивные и другие типы водоемов.

С целью выявления изменения экологических условий и реконструкции климатических характеристик прошлого озер Индигирской низменности была организована палеолимнологическая экспедиция на озере Сутуруоха в рамках проекта РФФИ (№15-45-05063 р_восток_a) в августе 2015 г. Озеро расположенное в районе Ресурсного резервата «Сутуруоха» на водосборном бассейне реки Сутуруоха — левого притока реки Индигирки (Абыйский район, Республика Саха (Якутия)). Территория бассейна реки Индигирки в палеолимнологическом и палеогеографическом аспектах совершенно не изучена. Впервые выполнены батиметрическая съемка озера Сутуруоха, геоботаническое описание водосборного бассейна и сбор гидробиологического материала (фитопланктон, зоопланктон и зообентос) озера. Впервые для территории бассейна реки Индигирки получены ненарушенные керны донных отложений охватывающих временной интервал поздний неоплейстоцен-голоцен.

Новые оригинальные данные совместно с немецкими и якутскими коллегами получены в рамках проекта «Озера Сибири» по изучению истории озер Якутии, таких, например, как Биллях, Сатагай и др., история которых охватывает временной интервал до 30-40 тыс. лет. Установлено, например, что накопление донных отложений в оз. Биллях, расположенного в районе Верхоянского хребта, идет непрерывно не менее 40 тыс. лет, что свидетельствует об отсутствии в исследуемом регионе значительных ледниковых шапок в максимум последнего оледенения. Получена детальная картина динамики климата и природных обстановок в голоцене для северо-восточной Сибири (Andreev et al., 2009; Nazarova et al., 2013; Schleusner et al., 2015; Sundqvist et al., 2014 и др.) и выявлены изменения характера озерного органонакопления в зависимости от солнечной активности (Пестрякова и др., 2008).

Последние десятилетия активно проводятся палеолимнологические исследования на европейском севере России, включающие в себя реконструкции природно-климатических обстановок в послеледниковое время, динамики уровня крупных бассейнов по периферии Балтийского кристаллического щита, выявление причин и механизмов резких климатических изменений на границе плейстоцена и голоцена (Субетто, 2009; Субетто и др., 2003; Subetto et al., 2002; Wohlfarth et al., 2007). Исследованы донные отложения разновысотных озер Карельского берега Белого моря и Соловецкого архипелага, позволившие реконструировать динамику изменения уровня Белого моря в послеледниковое время (Колька и др., 2013; Колька и др., 2014; Колька и др., 2013; Никонов, Субетто, 2007; Субетто, 2010; Субетто и др., 2012 и др.). Аналогичные исследования были выполнены ранее для восточной части Балтийского моря и Ладожского озера (Александровский и др., 2009; Лудикова и др., 2005; Субетто, 2007; Субетто, 2009; Dolukhanov et al., 2009; Miettinen et al., 2007; Rosentau et al., 2013 и др.). В начале 2000-х годов были проведены исследования донных отложений озера Медведевского на территории Карельского перешейка (Ленинградская область) с целью реконструкции изменений палеоклимата, природных обстановок и выявления возможных геохимических и минералогических следов извержений исландских и центрально европейских вулканов на рубеже позднего плейстоцена и голоцена (Кузнецов, Субетто, 2004; Кузнецов и др., 2015; Субетто и др., 2003; Subetto et al., 2002; Wohlfarth et al., 2007). Позже, донные отложения этого озера стали объектом изучения

содержания редкоземельных элементов - маркеров возможного падения и взрыва крупного космического болида около 12900 лет назад на Лаврентийский ледниковый щит в Северной Америке (Андроников и др., 2014; Кузнецов, Субетто, 2004; Andronikov et al., 2015).

С 2005 г. на протяжении нескольких лет проводились палеолимнологические исследования на Соловецком архипелаге с целью реконструкции динамики палеоуровня Белого моря в голоцене (Никонов, Субетто, 2007; Субетто, 2010; Субетто и др., 2012). В 2014 году палеолимнологические работы были продолжены уже на Онежском полуострове Белого моря, где были выполнены исследования разреза на мысу Вейнаволок и озер и болот в губе Конюховской. Данные о возрасте этих болот, в сочетании с результатами датирования озерных отложений, позволят детально реконструировать хронологию перемещений береговой линии Белого моря в районе Онежского полуострова.

Последние два года ведутся активные палеолимнологические исследования на двух крупнейших европейских озерах - Ладожском и Онежском с огромным общим водосборным бассейном 258000 км² и с общим объемом воды почти 1200 км³. Эти исследования ведутся в рамках двух крупных проектов: (1) международного проекта ПЛОТ (Палеолимнологический трансект), в котором принимают участие ученые из различных российских и немецких научно-исследовательских институтов и университетов (ААНИИ, ИВПС РАН, СПбГУ, ИНОЗ РАН, университет Кельна, институт полярных и морских исследований им. А.Вегенера и др.) и гранта РФ 14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история геологического развития, освоение человеком и современное состояние». В рамках проекта ПЛОТ в 2013 г. были получены два непрерывных керна мощностью до 23 метров с глубины 100 м в северной части Ладожского озера, вскрывших голоценовые, позднеледниковые озерные, озерно-ледниковые и ледниковые отложения и, возможно, морские отложения эемского (мгинского) межледниковья. В рамках гранта РФ к настоящему времени построены карты рельефа водосбора и дна Онежского озера и выполнены ГИС реконструкции развития озера со времени его дегляциации.

В настоящее время с целью систематизации данных о генезисе озер Восточно-Европейской равнины разрабатывается и наполняется база данных PaleoLake (Strykh et al., 2014), в которой анализируются сведения об изученных палеолимнологическими методами озерах. Аналогичные исследования ведутся и в Европе и на Американском континенте, о чем свидетельствуют последние публикации (Suggitt et al., 2015; Sundqvist et al., 2014). Структура метабазы данных включает в себя следующие категории: наименование озера, географическое положение (географические координаты; регион, в котором озеро расположено), морфометрические показатели (глубина средняя, глубина максимальная, площадь, объем) высота над уровнем моря, происхождение котловины, донные отложения (пробоотбор, тип материала, мощность отложений), виды проводимых с образцами анализов (литологический, диатомовый, геохимический, спорово-пыльцевой), методы датирования (валовый радиоуглеродный анализ, AMS-спектрометрия и пр.), а также интервал времени осадконакопления). Кроме того, база данных содержит библиографические источники, которые были использованы в работе. В настоящее время в базе данных представлены сведения о более чем 100 озерах. На данный момент информация обо всех необходимых параметрах имеется для достаточно малого количества озер. По разным причинам те или иные характеристики отсутствуют, в частности, из-за недостаточной изученности озерных систем. База данных дополняется новыми сведениями об уже учтенных в ней озерах (по мере поступления), и вносятся данные о других озерах, которые ранее не были представлены в ней. В дальнейшем планируется расширение базы данных и создание на ее основе интерактивной карты-справочника.

Дальнейшие изучения донных отложений озер Севера России позволит подробнее реконструировать гидроклиматические условия прошлого, динамику озер и процессы их дальнейшей эволюции, динамики береговой линии морей Арктики и спрогнозировать вероятные изменения природной среды в будущем.

Исследования выполняются в рамках проектов фундаментальных научных исследований ИВПС КарНЦ РАН «Эволюция озерно-речных систем Севера России. Палеолимнологические и экологические закономерности функционирования водных экосистем Севера России», частично проекта РНФ 14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история геологического развития, освоение человеком и современное состояние», проектов РФФИ № [16-05-00727](#) «Внезапные кардинальные перестройки гидрографической сети и ландшафтов в голоцене на юго-востоке Балтийского щита (палеогеографический и геодинамический аспекты)», №15-45-05063 *р_восток_a* «Палеоэкологические исследования голоценовой истории озер бассейна реки Индигирка», № 13-05-41457 РГО_a «Природные катастрофы в позднем плейстоцене и голоцене: палеогеографическая диагностика» и др.

EVOLUTION OF LAKE BASINS IN THE SERTEYA REGION (WESTERN RUSSIA) IN THE CONTEXT OF NEOLITHIC SETTLEMENT'S DEVELOPMENT

Kittel P.¹, Mazurkevich A.², Dolbunova E.², Kalicki T.³, Kulkova M.⁴, Pawłowski D.⁵,
Płóciennik M.⁶, Stachowicz-Rybka R.⁷, Zaitseva G.⁸

¹ Department of Geomorphology and Palaeogeography, Faculty of Geographical Sciences, University of Lodz, Lodz, Poland, piotr.kittel@geo.uni.lodz.pl

² The State Hermitage Museum, St. Petersburg, Russia, a-mazurkevich@mail.ru,
katjer@mail.ru

³ Institute of Geography, The Jan Kochanowski University in Kielce, Kielce, Poland;
tomaszkalicki@ymail.com

⁴ Herzen Pedagogical University, St Petersburg, Russia, kulkova@mail.ru

⁵ Institute of Geology, Adam Mickiewicz University, Poznan, Poland, dominikp@amu.edu.pl

⁶ Department of Invertebrate Zoology and Hydrobiology, University of Lodz, Lodz, Poland,
mplociennik10@outlook.com

⁷ W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland,
r.stachowicz@botany.pl

⁸ Institute for the History of Material Culture, St. Petersburg, Russia, zai-ganna@mail.ru

The Serteya region is situated on the Russian Plain, at the boundary of Pskov and Smolensk regions of the Western Russia in the recently glaciated area of the Valdai (Weichselian, Vistulian) Glacial. The Serteya River is a left-bank tributary of the Western Dvina River and its valley was developed in a subglacial channel after the last ice sheet recession.

The region is characterised by a mosaic of glacial and fluvioglacial landscapes with numerous lakes and peats, closed depressions and poorly developed valleys of small rivers. The main relief forms of the area are: moraine plains, moraine hills, fluvioglacial plains, subglacial channels, kames formed during the Valdai ice sheet expansion, and also river valleys, and biogenic plains (mainly within post-lake basins) from the Holocene. The present Serteya River valley occupies a subglacial channel, where at least two generations of water bodies existed: the 1st/ Late Glacial ice-melting lakes and the 2nd/ Holocene postglacial lakes. Alluvia cuts and covers in places biogenic deposits accumulated within post-lake basins.

The lower section of the Serteya River valley covers four post-lake basins, which are 100-600 meters wide and 100-2000 meters long. The basins are filled with organic deposits (mostly gyttjas) up to 8 meters thick. Radiocarbon dataset and results of a pollen analysis prove

that the sediments hold record of the Late Valday (Late Vistulian) and all the Holocene (Kulkova et al. 2001, 2015; Mazurkevich et al. 2009a, 2009b). And neolithic occupation layers were discovered within the gyttja deposits in the region (Dolukhanov et al. 1986, 1989; Mazurkevich and Dolbunova 2011; Mazurkevich et al. 2009b, 2011, 2012).

The area is crucial for the recognition of the neolithisation process of the north-western part of the Russian Plain. In the 10-kilometre long section of the lower Serteya River valley and the surrounding areas, numerous seasonal and permanent settlements from the Mesolithic to the Middle Ages were found. Neolithic settlements existed in the region as early as ca. 6300 cal. BC to ca. 2200/1800 cal. BC. The earliest recorded Neolithic sites in the Russian Plain form part of those settlements. During the mid- and late-Neolithic, the population of the surveyed territory introduced agriculture and production (Kulkova et al. 2001; Mazurkevich et al. 2009a, 2009b, 2012). The Early Neolithic campsites were situated usually on higher elevations, while the mid- and late-Neolithic occupation layers occur on lower elevations and even within lake deposits. Such geological context of archaeological structures suggests a presence of short-term episodes of lake regression, allowing settlement introduction on post-lake plains. The settlements endured up to 500 years, as confirmed by dendrochronological data, before being flooded again (Mazurkevich et al. 2011, 2012).

The two main depressions with traces of ancient settlements were studied in the Great Serteya post-lake basin and the Nivniki post-lake basin. Both basins are situated in the present Serteya River valley and are separated by a narrow erosive valley segment. Two cores of organic deposits (mainly gyttja) collected from the deep-water parts of both post-lake basins were studied in order to make palaeoenvironmental reconstructions with the use of pollen, diatom and geochemical analyses. The age of sediments was determined by ^{14}C dating (Mazurkevich et al. 2012).

The multidisciplinary palaeoenvironmental study allows the recognition of natural changes and natural conditions for the prehistoric communities. Detailed multiproxy palaeoecological reconstructions are necessary for the reconstruction of the stages of landscape evolution and the human-environment relationships. Such complex studies were conducted in the Serteya microregion, and revealed both general trends and local peculiarities of evolution of environment elements (Мазуркевич 2003; Mazurkevich et al. 2009a, 2009b; Dolukhanov et al. 2004; Kulkova et al. 2001; Кулькова and Савельева 2003; Зайцева et al. 2003; Kulkova 2006; Kalicki et al. 2015). The aims of the present study include detailed palaeoecological reconstructions of shore zones of lake basins, which are important for reconstruction of landscape particularities around archaeological Neolithic sites. It could provide an opportunity to estimate more objectively ancient economic strategies.

Geomorphological examinations combined with geological mapping with the use of hand auger coring were conducted in the region and allowed to document thick organic sediments and river deposits within post-lake basins as well. Results of geological mapping and observations within geological outcrops allowed also the elaboration of geological cross-sections of fill of the Great Serteya post-lake basin and the basin adjacent to the Nivniki post-lake basin. The small post-lake basin in the lower section of the valley, adjacent to the Nivniki post-lake basin, is filled with two different, well-developed series. The lower lacustrine series consists of dark gyttja up to 6.5 m below the surface level with Cladocera remains and macroremains of terrestrial and, less frequent, aquatic plants. Preliminary results indicate the record of a relatively shallow lake with low macrophyte abundance and also under the influence of inorganic sediment influx. The upper alluvial series represents an oxbow-lake succession from ca. 3700 cal. BC with increased frequency of macrophyte- and macrophyte/sediment-associated Cladocera taxa. Dwarf shrub tundra communities (with *Betula nana*, *B. humilis*, *Selaginella selaginoides*, *Rorippa palustris*, *Filipendula ulmaria* and *Picea abies*) developed in the lake surroundings in conditions of cool boreal climate (Kalicki et al. 2015). Studies show the changes from the lacustrine to fluvial deposition in the Holocene, in the lower sector of the Serteya River valley in the Early Holocene and in the upper valley

sector in the Late Holocene as documented by ^{14}C data. However, short periods of fluvial activity were possible during stages of regression in the Great Serteya post-lake basin as documented by numerous infillings of fluvial series within lacustrine deposits.

Results of radiocarbon datings and palaeoenvironmental analyses prove that there were at least two generations of water bodies within the subglacial channel of the present-day Serteya River valley: the 1st Younger Pleniglacial - the Late Vistulian ice-melting lakes and the 2nd Holocene lakes. The first stage of lake formation took place in the region in the Late Valdai (the Late Vistulian) after the ice sheet was disintegrated into blocks of dead ice. First-stage lake basins were developed in subglacial channel floors between dead ice blocks. The remnants of the ice-melting lakes are sandy-silty kames and kame terraces. Kames form few small hills in the subglacial channel floor, built from inorganic deposits, and part of them are occupied by archaeological sites. In the Late Vistulian-Early Holocene transition, the lakes of second generation existed after the melting of buried ice. They were filled with organic deposits and the water level depended on palaeoclimatic and palaeohydrological changes. Main lake transgressions are correlated with the humid stage of the Holocene. The climatic conditions of the territory situated in the humid zone of high precipitation favoured lake developments. Small and shallow lakes were turned into swamps during the Holocene due to a high rate of deposit accumulation. In the lowest section of the valley, the lake disappeared in the Late Vistulian/Holocene transition because the river existed there from the Early Holocene. It is confirmed by a palaeochannel cut in the lacustrine sediments, filled with organic deposits in the Middle Holocene. The Serteya River presumably drained in the Holocene subsequent lake basins, successively from the lower sector, as an effect of headward erosion, mainly during lake transgression phases. It is confirmed by radiocarbon dating of the very top parts of organic lacustrine deposits in subsequent post-lake basins. We could suppose that the increase of inhabitation coincided with part of transgressive phases. Though there are also transgressive periods (about 3600 cal. BC) when there were no settlements. A fluvial system could replace part of the lake basins during regression stages in the whole Holocene. During regression phases, the environmental conditions seem to be very attractive, especially for the late Neolithic communities, due to a high level of landscape geo- and biodiversity, including small lakes, rivers and fertile hydrogenic and semihydrogenic soils. Therefore, the most important issue concerns palaeoclimatic and palaeoenvironmental changes and their influence on ancient communities, such as the phenomenon of the emergence of the culture of pile-dwellers. Favourable conditions of such an ecological system, as well as some of its parts, can be evidenced by the quantity of sites (basic and seasonal ones) for each chronological Neolithic period.

Acknowledgments

We would like to thank professional translator Marta Koniarek for linguistic correction.

References

1. Dolukhanov P.M., Miklyayev A.M. 1986. Prehistoric lacustrine pile dwellings in the north-western part of the USSR. *Fennoscandia archaeologica* III, 81-89.
2. Dolukhanov P.M., Gey N.A., Miklyayev A.M., Mazurkiewicz A.N. 1989. Rudnya-Serteya, A stratified dwelling-site in the upper Duna basin (a multidisciplinary research), *Fennoscandia archaeologica* VI, 23-27.
3. Dolukhanov P.M., Shukurov A.M., Arslanov Kh.A., Mazurkevich A.N., Savel'eva L.A., Dzinoridze E.N., Kulkova M.A., Zaitseva G.I. 2004. The Holocene Environment and Transition to Agriculture in Boreal Russia (Serteya Valley Case Study). *Internet Archaeology* 17: <http://intarch.ac.uk/journal/issue17/dolukhanov_toc.html>.
4. Kalicki T., Alexandrovskiy A.L., Kittel P., Krupa J., Mazurkevich A., Pawłowski D.,
5. Płóciennik M., Stachowicz-Rybka R. 2015. From Lake Basins to River Valley – Late Vistulian and Holocene Evolution of Last Glaciation Area: Serteya Basin (Western Russia), In: G. Baryshnikov, A. Panin (Eds.), *Gradualism vs catastrophism in landscape evolution*.

International Association of Geomorphologists (IAG) Regional conference, July 2-4, 2015, Barnaul, Russia, Extended Abstracts, Barnaul: Publishing House of Altai State University, Barnaul, 159-161.

6. Kulkova M. 2006. The geochemical indicators of paleoclimate of Holocene and their meaning for reconstruction of prehistory sites in Western Dvina-Lovat' area of North-Western Russia. Proceeding from the 8th Nordic Conference on the Application of Scientific Methods in Archaeology. Archaeology and Environment, Umeå 21, 93-100.

7. Kulkova M.A., Mazurkevich A.N., Dolukhanov P.M. 2001. Chronology and palaeoclimate of prehistoric sites in Western Dvina-Lovat area of North-western Russia. *Geochronometria* 20, 87-94.

8. Kulkova M.A., Mazurkevich A., Gerasimov D., 2015, Stone Age archaeological sites and environmental changes during the Holocene in the NW region of Russia. In: Harff, J., Bailey, G., Lüth, F. (eds) *Geology and Archaeology: Submerged Landscapes of the Continental Shelf*. Geological Society, London.

9. Кулькова М.А., Савельева Л.А. 2003. Восстановление палеоклиматических условий голоцена в районе заболоченных озер в долине р. Сертейки в Велижском районе Смоленской обл. по данным сопряженного анализа. *Древности Подвинья: исторический аспект*. СПб, 291-299.

10. Mazurkevich A., Dolbunova E. 2011. Underwater Investigations in Northwest Russia: lacustrine archaeology of Neolithic pile dwellings. In: J. Benjamin, C. Bonsall, C. Pickard, A. Fischer (Eds.), *Submerged Prehistory*, Oxbow Books, 158-172

11. Mazurkevich A., Dolukhanov P., Shukurov A., Zaitseva G. 2009a. Mesolithic and Neolithic in the Western Dvina–Lovat Area. In: P.M. Dolukhanov, G.R. Sarson, A.M. Shukurov (Eds.), *The East European Plain on the Eve of Agriculture*, BAR International Series, 164, 145-153.

12. Mazurkevich, A.N., Korotkevich, B.N., Dolukhanov, P.M., Shukurov, A.M., Arslanov, Kh.A., Savel'eva, L.A., Dzinoridze, E.N., Kulkova, M.A., Zaitseva, G.I. 2009b. Climate, subsistence and human movements in the Western Dvina – Lovat River Basins, *Quaternary International*, 203, 52-66.

13. Mazurkevich A.N., Dolbunova E.V., Maigrot Y, Hookk D. 2011. Results of underwater excavations of Serteya II and research of pile-dwellings in Northwest Russia. *Archaeologia Baltica*. 14: 47–64.

14. Mazurkevich A.N., Dolbunova E.V., Kulkova M.A., Alexandrovskiy A.L., Savel'eva L.A., Polkovnikova M.E., Khrustaleva I.Y., Kolosova M.I., Hookk D.Y., Mazurkevich K.N., Morozov S.V. 2012. Dynamics of landscape developing in early-middle Neolithics in Dnepr-Dvina region. *Geomorphic Processes and Geoarchaeology: from Landscape Archaeology to Archaeotourism*. International conference held in Moscow-Smolensk, Russia, August 20-24, 2012. Moscow-Smolensk: "Universum", 192–194.

15. Мазуркевич А.Н. 2003. Первые свидетельства проявления производящего хозяйства на Северо-Западе России // Савинов Д. Г., Седых В. Н. (ред.). *Пушкаревский сборник II*. СПб: Изд-во С-Петербургского ун-та, 77–84

16. Зайцева Г.И., Васильев С.С., Дергачев В.А., Мазуркевич А.Н., Семенцов А.А. 2003. Новые исследования памятников бассейна Западной Двины и Ловати: распределение радиоуглеродных дат, корреляция с изменением природных процессов, применение математической статистики // *Древности Подвинья: исторический аспект*. СПб, 140-154.

Fig. 1. Main palaeogeographical phases of the Serteya region development

1 – moraine plateau, 2 – glaciofluvial plain, 3 – eskers, 4 – crevasses fills, 5 – kames and kame terraces, 6 – biogenic plains, 7 – erosional alluvial terrace, 8 – alluvial terraces, 9 – upper flood plain, 10 – lower flood plain, 11 – subglacial channel, 12 – valleys slopes, 13 – alluvial fans, 14 – denudational valleys and alluvial fans, 15 – gullies and erosional cuts and alluvial fans, 16 - oxbows

NEW PALYNOLOGICAL DATA FROM THE LAKE LADOGA POSTGLACIAL-GLACIAL-PREGLACIAL SEDIMENT RECORD

Andrei A. Andreev¹, Larisa A. Savelieva², Lyudmila Shumilovskikh³, Raphael Gromig¹, Volker Wennrich¹, Grigory Fedorov^{2,4}, Dmitry A. Subetto⁵, Sebastian Krastel⁶, Bernd Wagner¹, Martin Melles¹

¹University of Cologne, Institute of Geology and Mineralogy, Cologne, Germany

²St. Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg, Russia

³Georg-August University, Department of Palynology and Climate Dynamics, Göttingen, Germany

⁴Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

⁵Northern Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

⁶University of Kiel, Institute of Geosciences, Kiel, Germany

The German-Russian project PLOT (Paleolimno**L**ogical **T**ransect) investigates the Late Quaternary climatic and environmental history along a transect crossing Northern Eurasia. Within the scope of a pilot phase for the project, funded by the German Federal Ministry of Education and Research, we have investigated Lake Ladoga, the largest lake in Europe (ca 18.000 km²), located close to St. Petersburg. Although the late glacial and Holocene history of the lake and its vicinity was already studied over the last decades (for details see Subetto et al., 1998, Subetto 2009 and references therein), the older, preglacial lake history remained unknown. It is assumed that during the Last Interglacial (Eemian) Lake Ladoga was part of a precursor of the Baltic Sea, which had a connection via Ladoga and Onega Lakes to the White Sea.

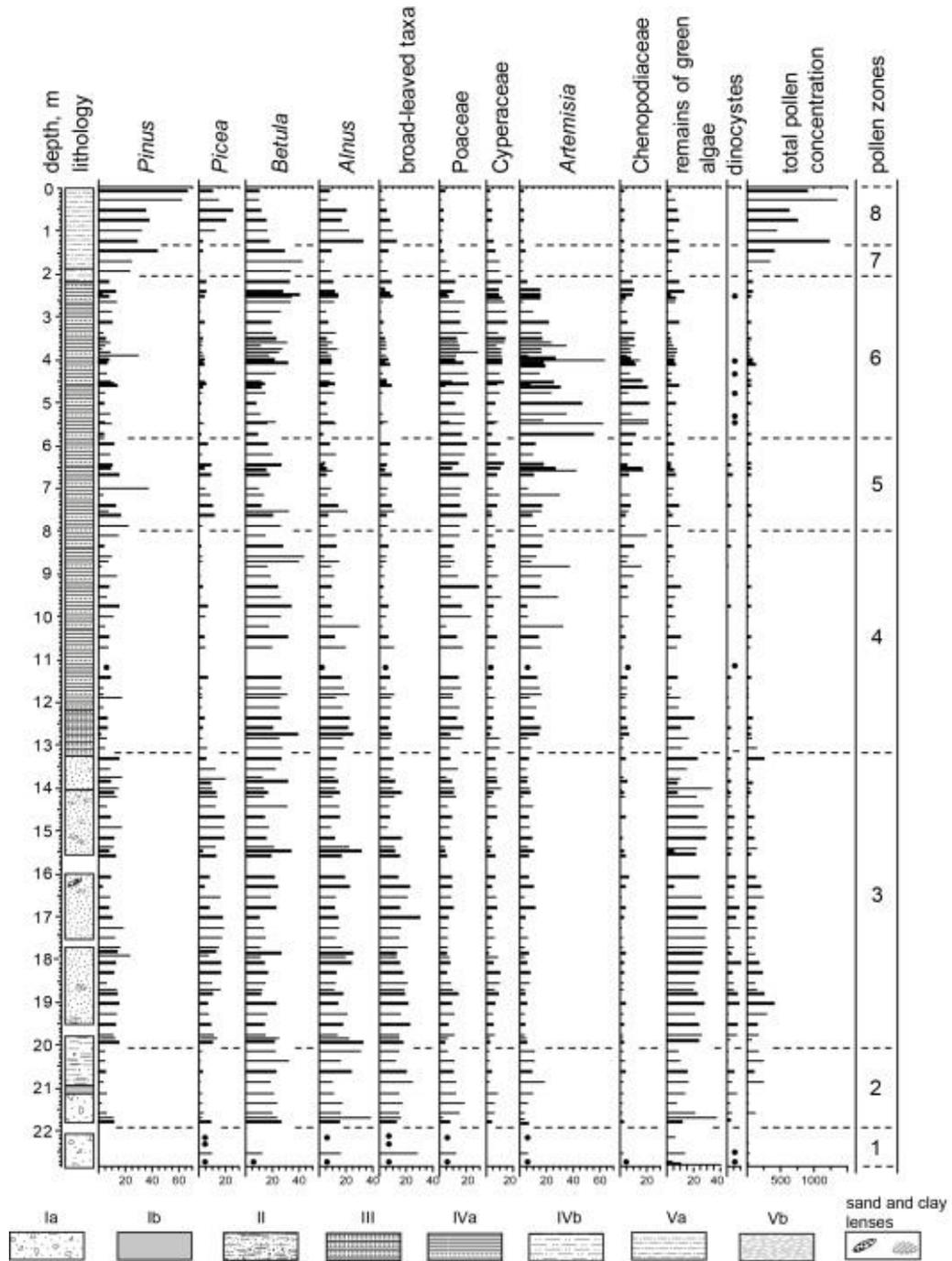
A seismic survey in August 2013 has revealed acoustically well stratified Holocene muds overlaying rather transparent postglacial varves more than 10 m thick. The varves usually are bordered by a hard reflector underneath that may represent coarse-grained sediments or a till, which in most areas is not penetrated by the acoustic waves. Sediment coring at two sites in western Ladoga Lake confirmed the seismic interpretation of the revealed postglacial sediment succession.

The sediments studied in a 22.7 m lake core were subdivided into 5 main lithological units: Unit Vb (ca. 22.78-21.25 m) consists of fine-coarse sand with pebbles, Unit Va (ca. 21.25-20.95 m) - silty clay with intercalated sand layers, Unit IV (ca. 20.95-20 m) - silty clay with fine-coarse sand, Unit III (ca. 20-13.3 m) sand with sporadically occurring coarse-sand and clay lenses, Unit IIb (ca. 13.3-12.09 m) - alternating clay and sand layers, Unit IIa (ca. 12.09-2.11 m) - laminated clays with intercalated fine sand layers, Unit Ib (ca. 2.11-1.75 m) - silty clay, Unit Ia (ca. 1.75-0 m) - laminated silty-clay with fine sand.

The core sediments were also palynologically investigated. In addition to traditional pollen analysis, non-pollen-palynomorphs such as dinoflagellates, fungi spores, algae remains and cysts providing additional palaeoenvironmental information about the lake and its catchment, were recorded as well. The revealed pollen assemblages can be subdivided into 8 main pollen zones (PZ) described below.

The lowermost sediments (PZ 1, ca. 22.7-21.9 m, lithological Unit Vb) containing few pollen and cannot be used for reliable environmental reconstructions. Pollen concentration is much higher in PZ 2 (ca. 21.9-20 m, lithological Units Va and IV). *Betula* and *Alnus* pollen dominate the zone but *Pinus* and broad-leaved taxa (*Carpinus*, *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus*, and *Tilia*) are also common. Pollen concentration is also high in PZ 3 (ca. 21.9-12.9 m, lithological Unit III). *Betula* and *Alnus* pollen also dominate in this zone but *Pinus*, *Picea*, and broad-leaved taxa are also numerous. Pollen assemblages indicate that the sediments of PZs 2 and 3 were formed during an interglacial with climate conditions more favorable than in the Holocene. The studied sediments also contain numerous fresh water green algae remains of *Pediastrum* and *Botryococcus* as well as cysts of marine dinoflagellates and brackish water

acritarchs (prasinophytes *Cymatiosphaera* and *Micrhystridium*). Dinocyst assemblages are poor in species, presented mostly by *Spiniferites ramosus* s.l. and *Lingulodinium machaerophorum*. Very short processes of the latter species indicate rather low salinity (Mertens et al. 2012). Thus, the found non-pollen-palynomorphs document the brackish-water aquatic environment during the sedimentation which may confirm that Lake Ladoga was a part of corridor between the Baltic and the White Seas during the Last Interglacial (Miettinen et al., 2014 and references therein).



Pollen concentration is extremely low in PZ 4 (ca. 12.9-8 m, lithological Unit IIB-a). The zone is dominated mostly by pollen of herbs (*Artemisia*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae*), although *Betula*, *Alnus*, and *Pinus* also rather common. We assume that the PZ 3 pollen assemblages were accumulated during the Late Glacial when an extensive periglacial Baltic Ice Lake was extended along the southeastern margin of the Scandinavian Ice Sheet having Lake Ladoga as its north-eastern bay starting at ca 15.000 cal yr BP (Subetto et

al., 1998 and references therein). The coniferous and broad-leaved pollen taxa found in the sediment are of reworked origin.

Pollen concentration is slightly higher in PZ 5 (ca. 8-5.9 m, lithological Unit IIa). The zone is also dominated mostly by pollen of herbs, *Betula*, *Alnus*, and *Pinus* but is also characterized by rather significant *Picea* pollen contents pointing to more favorable climate conditions. Climate amelioration is also evidenced in other regional pollen records where it is radiocarbon dated to the Allerod (e.g. Subetto 2009 and references therein).

The potential Younger Dryas (PZ 6, ca. 5.9-2 m, lithological Unit IIa) sediments are characterized by high percentages of herb pollen (mainly *Artemisia* and *Chenopodiaceae*) indicating the dry and cold climate. *Betula*, *Pinus*, and *Alnus* predominate among the arboreal pollen suggesting the tundra-steppe vegetation in the lake catchment. Regularly observed pollen of broad-leaved taxa are of redeposited origin.

Pollen concentration is drastically increased in PZ 7 (ca. 2-1.1 m, lithological Unit Ib and Ia). The revealed pollen assemblages are characterized by increased *Pinus* and Polypodiaceae contents, while Poaceae, Cyperaceae, and, especially *Artemisia* and *Chenopodiaceae* gradually disappeared from the spectra. Based on the comparison with the regional pollen records (e.g. Subetto 2009 and references therein) we date PZ 7 to the early Holocene time.

The late Holocene sediments (ca. 2-1.1 m, PZ 8, lithological Unit Ia) is characterized by further increase in *Pinus* and *Alnus* pollen contents as well as by significant peak in *Picea* percentages.

The revealed pollen and non-pollen-palynomorphs assemblages well reflect environmental changes during the late Eemian, late Glacial, and Holocene.

References

Mertens, K.N., Bradley, L.R., Takano, Y., Mudie, P.J., Marret, F., Aksu, A.E., Hiscott, R.N., Verleye, T.J., Mousing, E.A., Smyrnova, L.L., Bagheri, S., Mansor, M., Pospelova, V. & Matsuoka, K., 2012. Quantitative estimation of Holocene surface salinity variation in the Black Sea using dinoflagellate cyst process length. *Quaternary Science Reviews* 39, 45-59.

Miettinen, A., Head, J.H. & Knudsen, K.L., 2014. Eemian sea-level high stand in the eastern Baltic Sea linked to long-duration White Sea connection. *Quaternary Science Reviews* 86, 158-174.

Subetto, D.A., 2009. Lake sediments: paleolimnological reconstructions. Publishing House of A. Herzen Russian State Pedagogical University, St. Petersburg. 339 p. (in Russian).

Subetto, D., Davydova, N. & Rybalko, A., 1998. Contribution to the lithostratigraphy and history of Lake Ladoga. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 140, 113-119.

MODERN RUSSIAN-GERMAN PALEOLIMNOLOGICAL AND PALEOGEOGRAPHIC RESEARCHES ON THE TERRITORY OF YAKUTIA

Pestryakova L.A., Gorodnichev R.M., Yadrinkinskiy I.V., Ushnitskaya L.A.
North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

Joint Russian-German paleogeographical researches have great importance to take knowledge about the development of Yakutia. In framework of this international relationships on the basement of North-Eastern Federal University we created Join Russian-German laboratory for monitoring of Arctic ecosystems (Biological monitoring - BioM). According this joint activity since 2013 we conducted the expeditions on the territory of Khatanga, Omoloy, Indigirka River basins and on area of Chukotka.

СОВМЕСТНЫЕ РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКИЕ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЯКУТИИ

Пестрякова Л.А., Городничев Р.М., Ядрихинский И.В., Ушницкая Л.А.
Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

Обширная территория Якутии является перспективной для проведения палеогеографических исследований в целом и палеолимнологических работ в частности. За последние 15 лет частота и качество исследований в данной области выросли. Большой вклад в увеличение интенсивности работ на территории Республики Саха внесло укрепление российско-германского сотрудничества в области проведения палеолимнологических исследований. Такого рода сотрудничество в частности осуществляется сотрудниками кафедры экологии Института естественных наук СВФУ и Института полярных и морских исследований имени А. Вегенера. В рамках двусторонней деятельности реализована Совместная российско-германская лаборатория по изучению экологического состояния Арктики (Биологический мониторинг - БиоМ).

Большое значение данного подразделения подтверждено тем, что его открытие (5 марта 2013 г.) произвел министр образования и науки Российской Федерации Ливанов Дмитрий Викторович.

Лаборатория является базой для реализации полевых работ в северные районы Якутии и прилегающие регионы. В этой связи стоит отметить комплексные межзональные экспедиции по изучению озер и водоемов на территории бассейнов рек Хатанга (2011 и 2013 гг.), Омолой (2014 г.), Индигирка (2015 г.) а также Чукотского АО (2016 г.). В 2016 г. планируется провести совместно с коллегами из Германии палеолимнологическую экспедицию на озера Верхоянья.

В рамках деятельности лаборатории (за последние 3 года) проведены стажировки обучающихся и сотрудников СВФУ, подготовлено более 10 статей в высокорейтинговых журналах, реализованы гранты РФФИ, Министерства образования и науки РФ.

Стоит отметить большой вклад в развитие совместных российско-германских исследований, которые внесли Программа развития и руководство Северо-Восточного федерального университета, позволивших сформировать и оснастить фонды полевого и камерального оборудования лаборатории БиоМ. В настоящее время в лаборатории работают преимущественно молодые сотрудники, имеющие возможность участвовать в международной деятельности, получать опыт исследований у признанных научным сообществом специалистов в области гидрологии, лимнологии, гидробиологии, геоботаники, палеолимнологии, альгологии, палинологии и др.

Совместная работа ученых России и Германии на территории Якутии в области палеогеографических исследований продолжает осуществляться и перерастать в новое качество. Доказательство тому служит впервые проводимая в г. Якутске Международная научно-практическая конференция и школа молодых ученых и специалистов «Палеолимнология Северной Евразии».

Section 1.

A review of the paleogeographic, paleolimnological, paleoclimatological, dendrochronological researches of North Eurasia

Направление 1.

Обзор палеогеографических, палеолимнологических, палеоклиматических, дендрохронологических исследований Севера Евразии

Oral section

Устные доклады

FIRST RESULTS OF PALEOLIMNOLOGICAL STUDIES IN THE CONTINUOUS PERMAFROST ZONE OF TSIPO-TSIPIKANSKAYA BASIN (NORTH OF THE BURYATIA REPUBLIC)

^{1,2} Bezrukova E.V., ¹ Amosova A.A., ¹ Kraynov M.A.,
^{2,3} Shchetnikov A.A., ³ Kulagina N.V., Kostrova S.S.
¹ Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS
² Irkutsk Scientific Center SB RAS
³ Institute of the Earth Crust SB RAS

Lake Baunt is located in the north of the Republic of Buryatia and takes the third place in this territory on water surface area after Lake Baikal and Lake Gusinoe. Light-coniferous *Larix*-dominated forests along with shrubby, meadow and marshy landscapes prevail in the lake area. The new 50 years-resolution geochemical and palynological records from bottom sediments of Lake Baunt allow reconstructing paleoecological conditions in the Lake Baunt catchment area since 7 cal ka. The multi-proxy sequence of Lake Baunt has recorded significant climate variability during this time. Consistent shifts in vegetation, catchment weathering throughout the sequence can be correlated with other regional and global reconstructions.

Lower seasonality between 7 and 6 cal ka BP caused high snow accumulation in winter and subsequent melt during warmer summers resulted in high lake levels. As a consequence of this lower seasonal contrast, *Pinus* spread. The end of the Mid-Holocene marks the transition from a *Pinus*-dominated forests to into a typical regional permafrost landscapes. A long-term trend towards increasing seasonality, with decreasing abundance of *Pinus* stands started at 6 cal ka BP and intensified after ca 4 cal ka BP. The Lake Baunt record shows that the northern areas of the Buryatian Republic are particularly sensitive to climate changes due to its geographical position in the continuous permafrost area of the mountain region. The newly obtained record has also enabled improved understanding of the regional environment during the Middle-Late Holocene.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ЦИПО-ЦИПИКАНСКОЙ ВПАДИНЫ (СЕВЕР РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ)

^{1,2} Безрукова Е.В., ¹ Амосова А.А., ¹ Крайнов М.А.,
^{2,3} Щетников А.А., ³ Кулагина Н.В., Кострова С.С.
¹ Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН
² Иркутский научный центр СО РАН
³ Институт земной коры СО РАН

Озеро Баунт расположено на севере Республики Бурятия в северо-западной части Витимского нагорья в Ципо-Ципиканской впадине Байкальской рифтовой зоны и занимает третье место на этой территории по площади поверхности воды (111 км²) после оз. Байкал и оз. Гусиное и второе по общей площади водосбора (10300 км²) после оз. Байкал. Максимальная длина озера – 17,5 км, средняя ширина – 6,4 км (максимальная – 9 км), максимальная глубина – 33 метра. Абсолютное превышение водоема над уровнем моря – 1060 м. В оз. Баунт впадают две крупных реки – Верхняя Ципа и Ципикан и несколько мелких, вытекает одна – р. Нижняя Ципа. Климат района резко континентальный, с суровой зимой, коротким жарким летом, резкими суточными и сезонными колебаниями температур. Среднегодовое количество осадков составляет 360–410 мм с максимумом летом. Среднегодовая температура -6,1 °С [1]. Климатические особенности района обусловлены сплошным распространением многолетней мерзлоты. Глубина деятельного слоя на склонах достигает 0.5-2 м и зависит от их экспозиции, характера растительного покрова и состава грунта.

Основу растительности Баунтовской котловины составляют лесные, кустарниковые, лугово-болотные фитоценозы. В лесной растительности господствует светлохвойная тайга из лиственницы Гмелина *Larix gmelinii*. Темнохвойные леса отсутствуют. Сосново-лиственничные леса развиваются на вершинах песчаных гривистых повышений днища котловины в условиях высокой теплообеспеченности при промывном режиме дренажа и в котловине встречаются довольно редко.

Донные отложения оз. Баунт были пробурены в 2013 году гравитационным керноотборным устройством ударно-канатного типа производства UWITEC (Австрия). Длина керна, названного Bnt-13, составила 143 см. Осадки в керне представлены диатомовыми илами с содержанием органического вещества, достигающим 15%. Для целей геохимического анализа опробован каждый сантиметр осадка из этого керна, для палинологического – каждый второй сантиметр.

Для оценки возраста керна из его основания получена пока одна AMS¹⁴C дата в радиоуглеродной лаборатории г. Познань (Польша). Возраст отложений на глубине 143 см составил 6834±46 лет (Poz-58395). Возрастная модель для керна Bnt-13 в определенной степени условна, так как построена методом экстраполяции значения возраста базального слоя вверх с допущением о примерном постоянстве скоростей седиментации, что не противоречит практически однородному литологическому составу керна. Эта модель использована для оценки вероятного возраста границ региональных палеоэкологических событий и их корреляции с ключевыми записями природной среды Северного полушария.

Минеральный состав терригенной составляющей осадков определен методом рентгеноструктурного анализа на порошковом дифрактометре D8 Advance (Bruker AXS, Germany). Содержания основных породообразующих элементов были определены с применением оригинальной методики рентгенофлуоресцентного анализа [2]. Измерения выполнены на волноводисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре S8 Tiger (Bruker AXS, Германия). Для построения градуировочных характеристик использован набор стандартных образцов (СО) горных пород от ультраосновного до кислого состава (СО ИГХ СО РАН, Геологических служб США, Японии и Монголии). Магнитная восприимчивость (МВ) измерена вдоль ненарушенного керна с интервалом в 1 см измерителем магнитной восприимчивости MS2 Bartington с использованием датчиков MS2C70 и MS2K (Великобритания). Палеомагнитные измерения осуществлялись на спин-магнитометре JR-6 (Agico, Чехия). У всех образцов была измерена первичная остаточная намагниченность (NRM). На основе полученных данных рассчитывалась безгистерезисная остаточная намагниченность (ARM) для трёх величин переменного поля.

Начало аккумуляции озерных отложений в интервале времени около 7000-6500/6000 л.н. происходило в условиях, благоприятных для развития лесной

растительности. Климат региона был умеренно континентальным, с более теплыми и продолжительными летними сезонами, что могло обеспечивать глубокое протаивание многолетнемерзлых пород и широкое развитие сухих и теплых мест обитания для лесных ландшафтов с сосной обыкновенной. Снос в озеро терригенного материала в это время был пониженным из-за более сухого и теплого климата, что отражено в повышенных значениях $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ и CaO/TiO_2 , $\text{SiO}_{2\text{био}}$. Широкое распространение сухих и теплых песчаных мест обитания, которые предпочитает сосна обыкновенная, также хорошо согласуется с повышенными значениями $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ и CaO/TiO_2 . Пониженные значения $\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}_2$ и Ti-индекса наряду с самыми высокими значениями $\text{SiO}_{2\text{био}}$ и SiO_2 также подтверждают низкие объемы терригенного сноса и высокую продуктивность системы самого озера оз. Баунт. CIA показывает, что осадки оз. Баунт в интервале 7000-6000/5500 л.н. формировались и в относительно влажных условиях (CIA составляют в среднем около 74 ед.). Повышенные значения CIW свидетельствуют об интенсивном химическом выветривании в бассейне озера в это время, также подтверждая существование теплых условий.

Вся сумма аналитических данных свидетельствует о более теплых и благоприятных природно-климатических условиях, которые обеспечивали повышенную выветренность пород водосбора озера в интервале 7000-6000 л.н.

Существенное снижение значений $\text{SiO}_{2\text{био}}$, SiO_2 , отношений CaO/TiO_2 , $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$, Ti-индекса в отложениях оз. Баунт, сформировавшихся около 6500/6000-1500 л.н., является отражением изменившихся условий природной среды в его бассейне. Понижение значений вышеуказанных индексов означает ухудшение условий химического выветривания пород в бассейне озера, снижение продуктивности самой озерной системы. Значения CIA на протяжении этого временного интервала сначала постепенно понижаются, становясь самыми низкими около 4000 л.н. и составляя 72.7-72.2 ед., что означает наступление менее влажных условий. При этом на рубеже около 6000 л.н. произошло значительное снижение доли таежных ландшафтов, особенно доли в них сосны обыкновенной. Одновременно около 6000 л.н. началось очень существенное расширение тундровых ландшафтов. Такие изменения в структуре ландшафтов свидетельствуют о том, что позднее примерно 6000 л.н. началось активное заболачивание прибрежной зоны оз. Баунт и пойм впадающих в него рек. Сокращение площадей сосны индицирует сокращение сухих и теплых мест обитания, что могло быть связано с развитием многолетней мерзлоты в условиях резко континентального климата с более холодными зимними и укороченными летними сезонами, с повышенным поверхностным стоком талых вод летом. Деграляция сухих песчаных массивов и одновременное усиление плоскостного смыва могли приводить к пониженному сносу в озеро Ca, K и Si и повышенному - рутила, что нашло отражение в снижении значений SiO_2 , отношений CaO/TiO_2 , $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$. В целом, климат района позднее 6000 л.н. стал близок к современному. $\text{SiO}_{2\text{био}}$ индицирует общее ухудшение продуктивности озера, а несколько снизившийся индекс CIW – активизацию физического выветривания.

В отложениях, сформировавшихся около 1000-250 л.н. отмечается тренд к понижению значений всех геохимических индексов. В водосборном бассейне оз. Баунт в этот интервал времени снова расширяется доля тундровых ландшафтов, а лесных – сокращается, индицируя усиление континентальности климата. В таких условиях по берегам озера и поймам рек продолжалось заболачивание, а в растительности этих территорий господствующими группировками оставались злаково-осоковые. Вся сумма аналитических данных свидетельствует о новом этапе ухудшения природно-климатических условий в водосборе озера, что приводило к замедлению процессов химического выветривания, снижению поступления в озеро биогенов, более интенсивному сносу минерального материала (снижение значений $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$.) и ухудшению продуктивности озерной системы (низкие концентрации $\text{SiO}_{2\text{био}}$).

Заметное изменение значений геохимических и ландшафтных индексов природной среды отмечено в отложениях, сформированных в последние 150-200 лет. Характер изменения всех геохимических индексов в отложениях самого этого интервала осадкообразования в оз. Баунт подтверждает наступление относительно теплых и гумидных условий в водосборном бассейне озера и повышенной продуктивности системы его водной системы.

Проведенные исследования продемонстрировали, что донные отложения оз. Баунт является перспективным природным архивом для высокоразрешающих реконструкций природной среды и климата в бореальных районах в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Ландшафты здесь очень восприимчивы к изменению климата и могут оказаться более уязвимыми к воздействию его настоящих и потенциальных изменений, приводя и к уязвимости социальных систем. Полученные результаты вносят заметный вклад в понимание динамики и причин изменения экологических условий на большой территории водосборного бассейна озера. Изученная территория находится в высоких широтах Азии и потому чутко отвечает на изменения климата, особенно теплообеспеченности, а динамика ее природно-климатических условий следует общему тренду изменения климата Северного полушария. Особенности изменения геохимических и палинологических индексов позволяют сделать вывод о том, что процессы геохимического выветривания в бассейне оз. Баунт во второй половине голоцена зависели, главным образом, от гидротермических условий. Получение новых определений абсолютного возраста и результатов исследований комплексом дополнительных методов для отложений озера позволит уточнить возрастную модель палеоэкологических событий и лучше понять причины их эволюции в этом регионе Северной Азии.

Проведенные исследования поддержаны Российским научным фондом (грант № 16-17-1007), Российским фондом фундаментальных исследований (гранты № 15-05-01644,) и программой НИР ИГХ СО РАН № 0350-2014-0003.

Список литературы

1. Жуков В. М. Климат Бурятской АССР. – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1960. – 187 с.
2. Амосова А.А., Пантеева С.В., Татаринов В.В., Чубаров В.М., Финкельштейн А.Л. Рентгенофлуоресцентное определение основных порообразующих элементов из образцов массой 50 и 110 мг // Аналитика и контроль, 2015, т. 19, №2, с. 130-138.

CLADOCERA IN PALEOECOLOGICAL AND PALEOCLIMATIC RECONSTRUCTION

Frolova L.A.

Kazan (Volga region) Federal University

On the basis of the review of references advantages are discussed with use of the original data, problems and use prospects sub-fossil Cladocera in palaeoecological researches, palaeoreconstructions past environmental conditions. The described examples show value Cladocera as indicators of changes of influence various abiotic and biotic factors of environment influencing a condition of lakes, such as changes of the trophic status, acidity, depth, lake-level changes, ionic structure of water etc. The investigation of cladoceran assemblages in lakes has demonstrated the potential of this group of hydrobionts as an indicator of the changes caused by climate change occurring in the ecosystem.

CLADOCERA В ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Фролова Л.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

В качестве индикаторных групп в палеоэкологических исследованиях на протяжении длительного времени используются диатомовые водоросли, пыльца растений, остатки высшей растительности. С недавнего времени становится все более востребованным использование в палеолимнологии и палеоэкологии в качестве зоологических индикаторов отдельных групп планктонных и бентосных биоиндикаторов (Ostracoda, Cladocera, Chironomidae).

Изучение Cladocera были начаты в Дании в конце XVIII в. и затем исследования были подхвачены в других странах Северной Европы. Наиболее ранние упоминания о находках остатков Cladocera в донных отложениях водоемов датируются концом XIX века (Korhola, Rautio, 2000). Накопленная разрозненная информация была приведена Д. Г. Фрайем в более систематизированный вид, что способствовало дальнейшему использованию Cladocera в качестве индикаторных организмов в палеоиндикации (Frey, 1958, 1988).

Классические подходы устанавливают взаимосвязь между ископаемыми сообществами животных и условиями окружающей среды на основе наличия отдельных видов индикаторов. Однако существует общепризнанное заключение, сделанное исходя из многочисленных исследований фоссилизированных остатков Cladocera, что экологическая индикаторная ценность отдельных видов Cladocera вероятно невысока (Korhola, Rautio, 2000). С использованием идентификации отдельных видов, мы составляем представление об общей структуре и составе сообществ Cladocera. При интерпретации состава кладоцерных сообществ в озерных отложениях важно знать региональные взаимосвязи между составом сообществ Cladocera и среды их обитания в зависимости от окружающих экологических факторов, которые ответственны за современное распространение, изобилие и частоту встречаемости различных таксонов. Создание калибровочных баз данных, содержащих информацию о современных таксонах Cladocera из поверхностных отложений большого количества озер, распределенных вдоль экологического градиента интересующего нас параметра (e.g., pH, трофность) - это один из лучших и быстрых способов сбора информации о факторах окружающей среды, определяющих состав кладоцерных сообществ в озерах. С каждым образцом из поверхностных донных отложений, накапливается детальная информация касающаяся озера и его водосборного бассейна. Затем с использованием мультивариативного статистического анализа и специализированного пакета программ выделяются экологические параметры наиболее значимо влияющие на состав кладоцерных сообществ.

Кладоцеры населяют различные биотопы в озерах, преимущественно встречаясь на границе между пелагической и прибрежной зонами, среди камней, песка, растительности и на мягких грунтах в литоральной зоне. Изменение пропорций между фоссилизированными остатками планктонных и литоральных видов можно использовать как индикатор изменений соотношений между мелководной и пелагической зонами водоема. Увеличение площади литоральной зоны по отношению к пелагической будет отражаться в увеличении представленности литоральных Cladocera, вслед за увеличением площади предпочитаемых ими биотопов. Но нужно осторожно интерпретировать соотношение представленности планктонных и литоральных видов кладоцера в донных отложениях, так как на это соотношение может влиять не только изменение площади водоема и его отдельных зон, но еще целый ряд дополнительных абиотических и биотических факторов.

Отдельные виды Cladocera проявляют предпочтения к определенному виду субстрата, на котором они обитают. Ветвистоусые ракообразные встречаются как в литоральной, так и в пелагической зонах водоема, в последней доминирующее положение занимают представители сем. Daphniidae и Bosminidae, тогда как на литорали доминируют представители сем. Chydoridae [9]. По предпочитаемым биотопам можно выделить фитофильные виды, такие как *Pleuroxus truncates*, *Syda crystallina*, пелагофильные, как *Bosmina*, бентофильные, как *Rhynchotalona*, *Monospilus*, *Chydorus gibbus* и др. (Мануйлова, 1964). Большинство видов хидорид населяют заросли, где их биомасса во много раз больше биомассы на незаросших прибрежных участках, но есть отдельные виды, предпочитающие незаросшие участки побережья (*Chydorus gibbis*, *Pleuroxus uncinatus*, *Disparalona rostrata*) [3].

Кладоцеры весьма чувствительны к изменениям трофических условий в водоеме, поэтому они используются, чтобы изучить историю эвтрофикации озера, причинами которой могут быть как естественные, так и антропогенные факторы [19]. Индикаторами олиго- и мезотрофных вод являются *Daphnia cristata*, *D. longiremus*, *Alonopsis*, *Limnospida*, *Holopedium*, *Bythotrephes* [17]. С повышением уровня трофности в водоеме отмечены не только снижение видового разнообразия, но и значительные изменения в соотношении видов ветвистоусых рачков. Уменьшение видового разнообразия касается, прежде всего, фитофильных видов семейства Chydoridae. С другой стороны с эвтрофикацией в биоценозах появляются или значительно увеличивают свою численность такие виды, как *Daphnia galeata*, *D. cucullata*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Leptodora*, *Chydorus gibbus*, *Leydigia* sp. (Мануйлова, 1964).

В ряде палеолимнологических исследований отмечались изменения в составе сообществ кладоцера вслед за изменениями величины pH в водоеме. Изменение кислотно-щелочной реакции воды в сторону повышения кислотности в водоеме сопровождается изменениями структурно-функциональных взаимодействий в планктонном сообществе, выпадением из состава зоопланктона ацидочувствительных видов, снижением видового богатства, изменениями общих показателей биомассы и численности кладоцера. Снижение видового богатства прослежено в норвежских озерах, подверженных закислению, в которых исчезли ацидо-чувствительные планктонные организмы, такие как *Daphnia longispina*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindtii* и *Bosmina longirostris* (Korhola, Rautio, 2000; Nilssen, Sandoy, 1990).

Климатические переменные, в первую очередь температурные параметры, называется в числе наиболее значимых факторов, воздействующих на количественные показатели — численность и биомассу зоопланктонных организмов, так и на состав и структуру кладоцерных сообществ зоотанатоценозов по результатам исследований в различных частях мира, включая Россию (Фролова 2009), финскую Лапландию (Sarmaja-Kotjonen et al., 2006), Канаду (Sweetman et.al., 2010).

Несколько предыдущих исследований, так же как и наши данные подтверждают, что глубина водоема - это один из наиболее значимых абиотических факторов, влияющих на состав кладоцерных сообществ (Freu, 1988; Фролова 2009). В частности, субфоссильные остатки кладоцер используются палеолимнологами для реконструкции изменений глубины озера (Korhola et.al., 2005).

Мелкие озера, как правило, меньше по размерам, однообразны по представленным биотопам и имеют более выраженную литоральную часть, по сравнению с пелагическими и профундальными частями. В целом, по результатам наших исследования ряда термокарстовых озер Якутии было выявлено закономерное увеличение относительной численности литоральных видов в мелководных озерах, в то время как относительная численность пелагических возрастала с глубиной водоемов (Фролова 2009).

Целый ряд исследований свидетельствует о четкой корреляции между основными гидрохимическими показателями (ионный состав, pH, удельная электропроводность) и

видовым составом Cladocera. Как правило, следует ожидать снижения разнообразия фауны при быстро меняющихся значениях этих параметров (Korhola, Rautio, 2000). Последние исследования истории озер с использованием кладоцера показали, что при изучении изменений трофического статуса водоема может быть успешно применен изотопный анализ (Rantala et. al., 2016).

Таким образом, исследования сообществ ракообразных на основе фоссилизированных остатков донных отложений озер позволяют расширить область применения этой группы организмов в качестве биоиндикаторов, в частности для палеолимонологических и палеоэкологических реконструкций, для сравнения региональной лимнологии, с целью более полного освещения теоретических аспектов экологии сообществ и в биогеографии.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 15-05-04442, 16-35-50036, 15-45-05063).

Список литературы

1. Korhola A., Rautio M. Cladocera and other branchiopod crustaceans / Tracking environmental change using lake sediments. Vol. 4. Zoological indicators. — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. — P. 125-165.
2. Frey D.G. The late-glacial cladoceran fauna of a small lake // Arch. Hydrobiol. — 1958. Vol. 54. — P. 209–275.
3. Frey D.G. Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology // J. Paleolimnol. — 1988. Vol. 1. — P. 179–191.
4. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. — М.-Л.: Изд-во Наука, 1964. — 328 с.
5. Nilssen J.P., Sandoy S. Recent lake acidification and cladoceran dynamics: surface sediment and core analyses from lakes in Norway, Scotland and Sweden / Palaeolimnology and lake acidification. London: The Royal Society, 1990. — P. 73–83.
6. Sarmaja-Korjonen K., Nyman M., Kultti S., Valiranta M. Palaeolimnological development of Lake Njargajavri, northern Finnish Lapland, in a changing Holocene climate and environment // J. Paleolimnol. — 2006. Vol. 35. — P. 65-81
7. Sweetman J. N., Rühland K. M., Smol J.P. Environmental and spatial factors influencing the distribution of cladocerans in lakes across the central Canadian Arctic treeline region // J. Limnol. — 2010. Vol. 69. — P. 1–12.
8. Korhola A., Tikkanen M., Weckström J. Quantification of Holocene lake-level changes in Finnish Lapland using a cladocera-lake depth transfer function // J. Paleolimnol. 2005. Vol. 34 — P. 175-190.
9. Rantala, M., Luoto T. Weckström, J.; Perga, M.; Rautio, M., Nevalainen, L. Climate controls on the Holocene development of a subarctic lake in northern Fennoscandia // Quaternary Science Reviews. — 2015 Vol. 126. — P. 175-185.

PALEOLIMNOLOGICAL INVESTIGATIONS IN THE ONEGA PENINSULA, THE WHITE SEA

Leontev P.A.¹, Subetto D.A.², Grekov I.M.¹, Kuznetsov D.D.³, Kolka V.V.⁴, Ludikova A.V.³, Sapelko T.V.³, Strykh L.S.², Tolstobrov D.S.⁴

¹ Herzen State Pedagogical University, St-Petersburg;

² Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk;

³ Institute of Limnology RAS, St-Petersburg;

⁴ Geological Institute Kola Science Centre RAS, Apatity

Abstract: The results of the lithological analysis of sediments the Onega peninsula (White Sea) lakes allow to preliminarily attribute limno-glacial, marine, contemporary lake sediments. Presents the approximately coastal line reconstruction of NW Onega peninsula in Holocene. A comparison of lithological and radiocarbon analysis will allow to make more detail reconstruction.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОНЕЖСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ БЕЛОГО МОРЯ

Леонтьев П.А.¹, Субетто Д.А.², Греков И.М.¹, Кузнецов Д.Д.³, Колька В.В.⁴,
Лудикова А.В.³, Сапелко Т.В.³, Сырых Л.С.², Толстобров Д.С.⁴

¹ Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург;

² Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск;

³ Институт озераведения РАН, г. Санкт-Петербург;

⁴ Геологический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

Результаты изучения донных отложений малых озёр на побережье Белого моря позволяют реконструировать относительное перемещение береговой линии моря, определять изменения природно-климатических обстановок. Исследования проводятся методом «изолированных» бассейнов и комплексом палеолимнологических методов (литолого-стратиграфическим, спорово-пыльцевым, диатомовым, хирономидным и др.) [1, 2, 3].

Для проведения полевых исследований на Онежском полуострове Белого моря в 2014 году была организована комплексная экспедиция при поддержке экспедиционного гранта РФФИ 14-05-10020. Участники – сотрудники Института водных проблем Севера КарНЦ РАН (Петрозаводск), Института озераведения РАН (Санкт-Петербург), РГПУ им. А.И. Герцена (Санкт-Петербург), Геологического института КНЦ РАН (Апатиты), Геологического института РАН и МГУ им. М.В.Ломоносова (Москва).

В ходе экспедиции были проведены полевые палеолимнологические исследования на двух участках (на северо-западе и на юго-западе Онежского полуострова). Для изучения подбирались озёра на различных гипсометрических уровнях. На северо-западе Онежского полуострова в районе губы Конюхова (к юго-западу от устья р. Золотица и д. Летняя Золотица) исследованы 4 озера: Каменное (урез 26,2 м над у.м.), Среднее (урез 17,1 м над у.м.), озеро без названия (урез около 16 м над у.м.) и Конюховское (урез воды 15,8 м над у.м.). В юго-западной части полуострова, к северо-западу от устья реки Тамица изучено озеро Пертозеро (урез воды 11,6 м над у.м.). На всех объектах выполнен отбор кернов донных отложений для последующих литологического, спорово-пыльцевого, диатомового, хирономидного, гранулометрического анализов, определения потери массы при прокаливании и радиоуглеродного датирования. Предположительно, в этих озёрах вскрыты отложения озёрно-ледникового, морского и современного озёрного происхождения [4,5].

На основе литологического анализа в осадочной последовательности предварительно выделены: 1) отложения приледникового озера, 2) отложения переходной зоны от приледникового озера к морским, 3) морские осадки, 4) переходные отложения от морских к современным озёрным и 5) современные озёрные отложения, что соотносится с фациями донных осадков I – V, выделенными [2].

Представлены предварительные результаты обработки полученных данных. На основе первичной интерпретации происхождения донных отложений составлена пробная реконструкция положения береговой линии в Северо-Западной части Онежского полуострова Белого моря (рис. 1). Визуализация создана на основе спутниковых данных о современном рельефе полуострова и стратиграфическом

положении донных отложений, интерпретируемых как морские (около 16-17 м над современным уровнем моря). Полученные в дальнейшем результаты лабораторных анализов, в том числе радиоуглеродного датирования, позволят с использованием представленного метода визуализации более детально реконструировать изменение береговой линии на данном участке Белого моря.

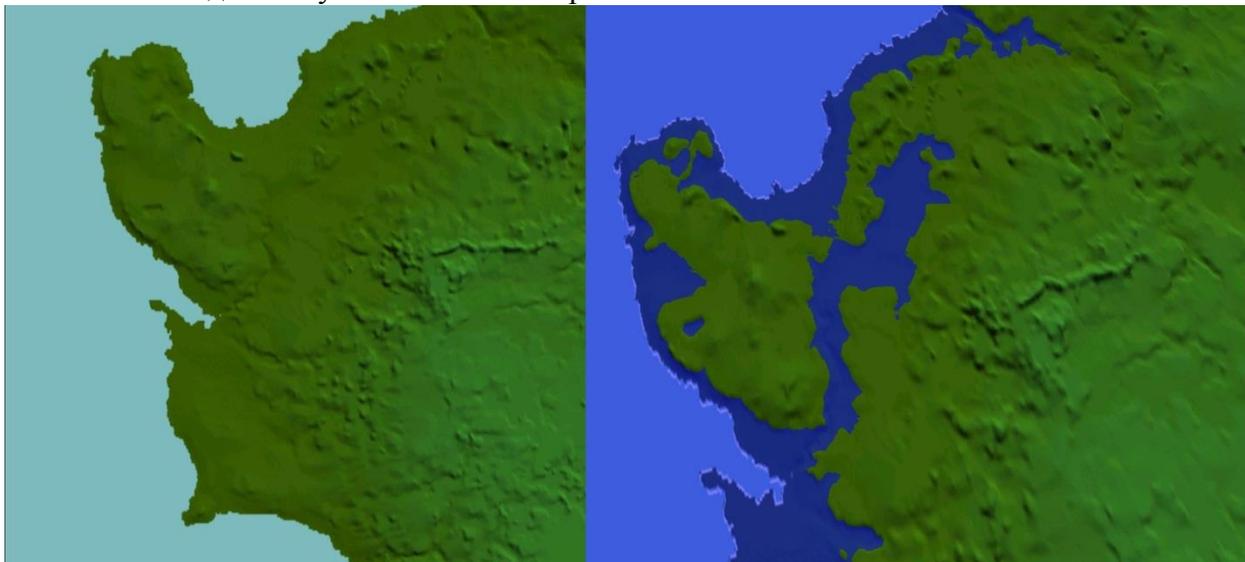


Рисунок 1. Слева - цифровая модель современного рельефа участка Онежского полуострова в районе губы Конюхова; справа - пробная реконструкция положения береговой линии Белого моря на отметке +16-17 м на северо-западе Онежского полуострова.

В настоящее время полученные данные обрабатываются, результаты будут представлены на конференции «Палеолимнология Северной Евразии. 2-я Международная конференция «Опыт, методология, современное состояние».

Исследование выполняется при поддержке проекта РФФИ-РГО 13-05-41457 РГО_а «Природные катастрофы в позднем плейстоцене и голоцене: палеогеографическая диагностика».

Список литературы

1. Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., академик Лисицын А.П., Евзеров В.Я., П. ван Беек (P. van Beek), М.Суо (M. Souhaut), Субетто Г.Д.. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // Доклады Академии Наук, Серия «Геология», 2012, том 446, № 2, С. 183–190.
2. Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я.Й., Корнер Д.Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене-голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озёр на южном берегу Кольского полуострова, в района посёлка Умба // Известия РАН. Серия географическая, 2013, № 1, С. 73-88.
3. Lunkka J. P., Putkinen N., Miettinen A. Shoreline displacement in the Belomorsk area, NW Russia, during the Younger Dryas stadial. Quaternary Science Reviews. 2012. Vol. 37. P. 26–37.
4. Леонтьев П.А., Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А. Реконструкция быстрых трансформаций природно-климатических обстановок в позднем плейстоцене и голоцене на основе палеолимнологических исследований озёр Онежского полуострова Белого моря. // Фундаментальные проблемы квартера. Итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы IX всероссийского совещания по изучению

четвертичного периода (г. Иркутск, 15-20 сентября 2015 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 271

5. Леонтьев П.А., Субетто Д.А., Кузнецов Д.Д., Колька В.В., Лудикова А.В. Сапелко Т.В., Сырых Л.С., Толстобров Д.С. Палеолимнологические исследования оз. Конюховского (Онежский полуостров). Предварительные данные // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т.1. – М.: ГЕОС, 2015. С. 172-175.

DENDROCHRONOLOGICAL RESEARCHES IN NORTH-EASTERN RUSSIA

Nikolaev A. N.
North-Eastern Federal University
Melnikov Permafrost Institute SB RAS

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

Николаев А.Н.
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия;
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

Примерно 1/5 часть России занимает Республика Саха (Якутия). Вся ее территория - это более 3,1 млн. кв. км, находится в зоне распространения многолетних мерзлых пород. По площади сплошной тип мерзлоты занимает 94 % территории республики. В свою очередь прерывистый и островной тип мерзлоты распространен соответственно на 4,5% и 1,5% от общей площади. Эта региональная особенность делает эту территорию одной из наиболее интересных для проведения дендрохронологических исследований.

Начиная с 90-х годов XX в., в течение последних 20 лет интенсивно развиваются дендрохронологические исследования на территории Якутии. В 1991-1992 и 1994 годах был проведен ряд экспедиций с участием российских и иностранных ученых. В результате этих экспедиций по кернам ныне живущих деревьев лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr) были построены древесно-кольцевые хронологии для всей территории Северной Якутии, некоторые имели длительность более 600 лет (Ваганов и др., 1996). Данные экспедиции показали на большой потенциал в развитии дендрохронологических исследований в Якутии. Позже были проведены экспедиции по сбору древесины для построения длительной хронологии на территории северо-востока Якутии в период с 1997 по 1999 и в 2004 г. По результатам этих экспедиций сотрудниками института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН была построена древесно-кольцевая хронологии длиной более 2300 лет и реконструирована температура воздуха за последние два тысячелетия.

С 1996 г. проводились работы по расширению сети дендроклиматических станций в Центральной и Южной Якутии, а также продолжались исследования по изучению реакции лесообразующих пород на климатические условия в зоне распространения многолетней мерзлоты. Проведены работы о влиянии различных криогенных факторов на динамику роста древесных пород Центральной Якутии и о влиянии гидротермического режима почв на рост и развитие древесных пород (Nikolaev et al, 2009, 2011), о характере влияния пожаров на радиальный прирост древесных пород Центральной Якутии, а также о последствиях послепожарных изменений параметров мерзлотных условий и реакции роста деревьев на эти изменения (Николаев, 2010).

Проводились исследования роли мерзлотных ландшафтов в динамике развития древесных пород Центральной Якутии (Николаев и др. 2011).

В зависимости от условий местопроизрастания радиальный прирост лиственницы и сосны по-разному реагируют на изменения температуры воздуха и осадков. В ходе работы было выявлено, что температурные условия начала вегетационного сезона оказывают наибольшее влияние на годичный прирост деревьев. Влияние осадков в большинстве участков было не значимо для лиственницы, однако имело существенное значение для роста сосны. Корреляционный анализ четко показал положительную реакцию радиального прироста сосны на осадки июня-июля.

Одним из важных факторов, влияющих на рост древесных пород, являются гидротермические условия почвогрунтов. При помощи методов дендрохронологии обнаружена связь радиального прироста древесных пород с температурой деятельного слоя и степенью увлажненности почвогрунта на разных глубинах. Динамика температуры почвогрунтов в холодное время года и скорость их прогревания весной, определяют своевременное начало активного роста деревьев в начале периода вегетации. Летние значения температуры почвогрунтов не лимитируют радиальный прирост деревьев, поскольку в это время года количество тепла, необходимого для благоприятного роста деревьев достаточно. На более засушливых участках в летние месяцы наблюдается отрицательное воздействие высоких значений температуры почвогрунтов, где высокие температуры почвы вызывают иссушающий эффект.

Нами был проведен корреляционный анализ древесно-кольцевых хронологий по лиственнице и сосне с динамикой влажности почвогрунтов на разных глубинах. Результаты показывают, что высокая корреляционная связь с влажностью верхних слоев почвогрунтов наблюдается в течение всего вегетационного периода. Однако наиболее высокие значения коэффициента корреляции приходятся на осенний период предыдущего сезона. Это связано с тем, что лиственница в начале вегетационного периода использует накопленный в предыдущем году запас почвенной влаги.

В последние четыре года совместно с исследователями из Швейцарского федерального института леса, снега и ландшафтов (WSL), Института леса им В.Н. Сукачева и Северо-Восточного федерального университета проводились исследования в бассейнах рек Лена, Яна и Индигирка. По результатам этих исследований вышло ряд публикаций.

Список литературы

1. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматологические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
2. Николаев А.Н. Дендрохронологические исследования послепожарной реакции древесных пород в Центральной Якутии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, №1 (3). С. 888 – 891.
3. Николаев А.Н., Федоров А.Н., Угаров И.С., Торговкин Я.И., Ефремов П.В., Аргунов Р.Н. Влияние характера мерзлотных ландшафтов на рост лиственничных древостоев в Центральной Якутии // Вестник Северо-Восточного Федерального Университета им. М.К. Аммосова. Якутск: Изд-во СВФУ, 2011. № 1. С. 25-35.
4. Büntgen, U., Kirilyanov, A.V., Hellmann, L., Nikolaev, A.N., Tegel, W. Cruising an archive: On the palaeoclimatic value of the Lena Delta // Holocene. Volume 24, Issue 5, May 2014, Pages 627-630.
5. Nikolaev A, Fedorov P, Desyatkin A. Influence of climate and soil hydrothermal regime on radial growth of *Larix cajanderi* and *Pinus sylvestris* in Central Yakutia, Russia. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2009. Vol. 24, Issue: 3. P. 217-226.
6. Nikolaev A. N., Fedorov P. P. and Desyatkin A. R. Effect of Hydrothermal Conditions of Permafrost Soil on Radial Growth of Larch and Pine in Central Yakutia // *Contemporary Problems of Ecology*, 2011, Vol. 4, No. 2, pp. 140–149

7. L. Hellmann, L. Agafonov, O. Churakova (Sidorova), E. DÜthornf, Ó. Eggertsson, J. Esper, A.V. Kirilyanov, A.A. K.P. Moiseev, V.S. Myglan, A.N. Nikolaev, F. Reinig, F. Schweingruber, O. Solomina, W. Tegel, U. Büntgen (2016) Regional coherency of boreal forest growth defines Arctic driftwood provenancing // *Dendrochronologia*. Volume 39, Pages 3–9.
8. Hellmann L., Tegel W., Kirilyanov A.V., Eggertsson O., Esper J., Agafonov L., Nikolaev A.N., Knorre A.A., Myglan V.S., Sidorova O., Schweingruber F.H., Nievergelt D., Verstege A., Büntgen U. (2015) Timber logging in central Siberia is the main source for recent Arctic driftwood. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 47: 43-54

PALEOLIMNOLOGY OF SHATURA LAKES (MOSCOW REGION, RUSSIA)

Sapelko T.V.¹, Kuznetsov D.D.¹, Tsyganov A.N.², Zharov A.A.³

¹Institute of Limnology RAS, St.Petersburg, Russia

²Penza State University, Penza, Russia

³A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution

Newly obtained new paleolimnology data in the east of the Moscow region, Central Russia. We studied, that genesis of the lakes is very disputable: Smerdiacheye, Lemeshinskoe, Belye Bordukovskoe and others. To today, the first preliminary results were obtained.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ШАТУРСКИХ ОЗЕРАХ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

Сапелко Т.В.¹, Кузнецов Д.Д.¹, Цыганов А.Н.², Жаров А.А.³

¹Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, tsapelko@mail.ru

²Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

³Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

Принято считать, что на территории небольших регионов озера имеют одинаковый генезис. Например, если регион находился в зоне покровного оледенения, то практически все озера имеют ледниковое происхождение. Однако это не всегда так. Кроме того, в последнее время все больше появляется работ, в которых только по морфометрическим характеристикам определяется генезис озер. Не всегда такое определение генезиса оправдано. Необходимо выполнять комплексные работы, чтобы выяснить генезис и историю развития озер. Такие, например, как геоморфологические и палеолимнологические исследования.

В 2014 году в Шатурском районе Московской области (рис.1) проведены комплексные палеолимнологические исследования. На изучаемую территорию в плейстоцене оказало воздействие три оледенения: лихвинское, днепровское и московское. Образование озер в основном связано с таянием Московского ледника (Вагнер, Манучарянц, 2003). В это время образовались многочисленные зандровые равнины с песчаными и супесчаными отложениями, по которым в период Валдайского оледенения пролегали широкие долины стока талых ледниковых вод. Современные формы рельефа и обширные болота Шатуры являются реликтами плейстоценовых оледенений. Шатура является озерным краем Московской области. Здесь расположено около 50 естественных озер.

Исследования проводились на озерах Смердячье, Лемешенское, Белое Бордуковское, Черное Бардуковское и Карповское (Власовское). Самые глубокие из них озера Черное Бардуковское (максимальная глубина 32,5 м), Белое Бордуковское (максимальная глубина 24,1м) и Смердячье (максимальная глубина 30,0 м). Смердячье

при этом является и самым маленьким по площади (0,057 км²). Максимальная глубина оз. Лемешинского всего 7,1 м, а Власовского – 18 м. Все озера круглой формы с небольшой площадью и большой глубиной. Озерные котловины хотя бы с одной из сторон окружены высоким берегом. Водосборные бассейны озер Смердячье и Черное Бардуковское наименее подвержены антропогенному воздействию.

На всех озерах отобраны поверхностные пробы донных отложений, а на трех из них отобраны колонки донных отложений.

Отбор кернов донных отложений на озере Смердячем был проведен в четырех точках. При отборе кернов со дна озера активно выделялся сероводород. Верхний слой отложений представлен грубодетритовыми и торфянистыми гиттиями (точки 1, 2) и однородными гиттиями (точка 3), мощностью до 0,5 м. Ниже (точка 2) отложения представлены слоистыми пестроцветными алевритовыми ракушечниковыми гиттиями. Мощность слоев различная по колонке. Цвет меняется в широких пределах – от желтоватого, рыжего и бежевого до зеленоватого, оливкового и серого. По всему горизонту отмечаются органогенные прослои бурого и темно-бурого цвета с большим количеством неразложившихся растительных макроостатков, иногда с включениями фрагментов древесины. Также повсеместно отмечено большое количество раковин (до 8 мм по длинной оси). По предварительным данным содержание органического вещества в нижнем прослое ракушнякового горизонта (рис. 2) составило 9%, а содержание карбонатов около 50%. Начало формирования нижнего органического прослоя по данным радиоуглеродного анализа соответствует периоду 4090-4810 кал. лет назад. Возраст верхнего торфянистого прослоя 510-530 кал. лет назад.

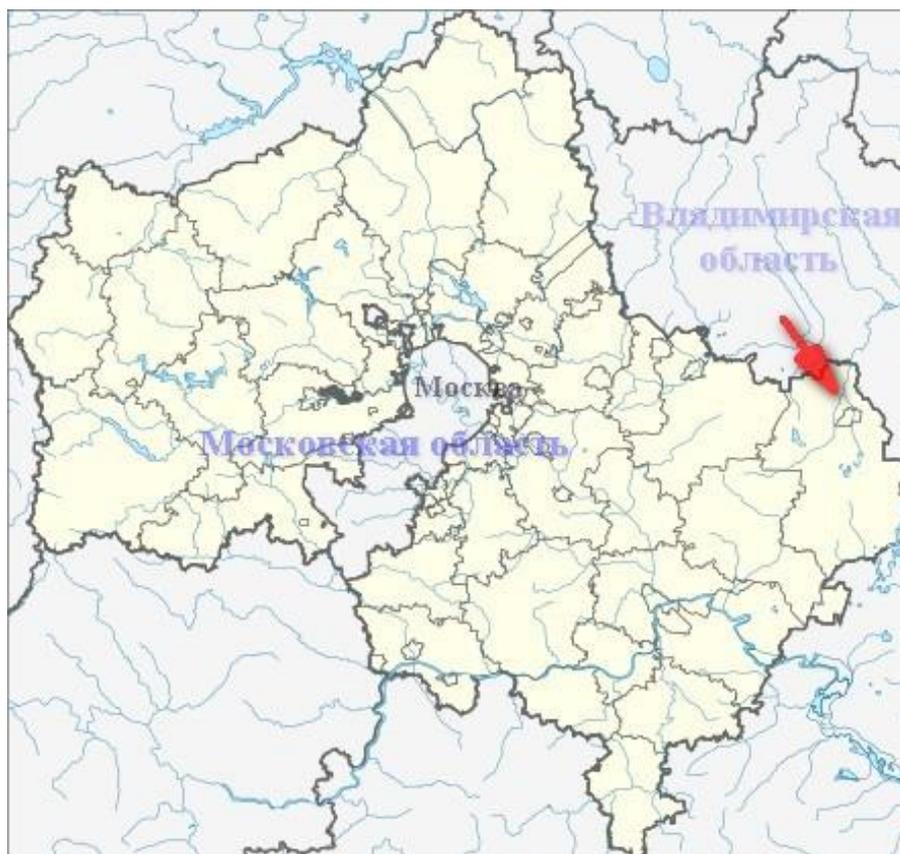


Рис. 1. Район исследования.

Отбор кернов донных отложений на озере Смердячем был произведен в четырех точках (рис.2). При отборе кернов со дна озера активно выделялся сероводород. Верхний слой отложений представлен грубодетритовыми и торфянистыми гиттиями (точки 1, 2) и

однородными гиттиями (точка 3), мощностью до 0,5 м. Ниже (точка 2) отложения представлены слоистыми пестроцветными алевритовыми ракушечниковыми гиттиями. Мощность слоев различная по колонке. Цвет меняется в широких пределах – от желтоватого, рыжего и бежевого до зеленоватого, оливкового и серого. По всему горизонту отмечаются органогенные прослои бурого и темно-бурого цвета с большим количеством неразложившихся растительных макроостатков, иногда с включениями фрагментов древесины. Также повсеместно отмечено большое количество раковин (до 8 мм по длинной оси). По предварительным данным содержание органического вещества в нижнем прослое ракушняковом горизонте (рис. 3) составило 9%, а содержание карбонатов около 50%. Начало формирования нижнего органического прослоя по данным радиоуглеродного анализа соответствует периоду 4090-4810 кал. лет назад. Возраст верхнего торфянистого прослоя 510-530 кал. лет назад.

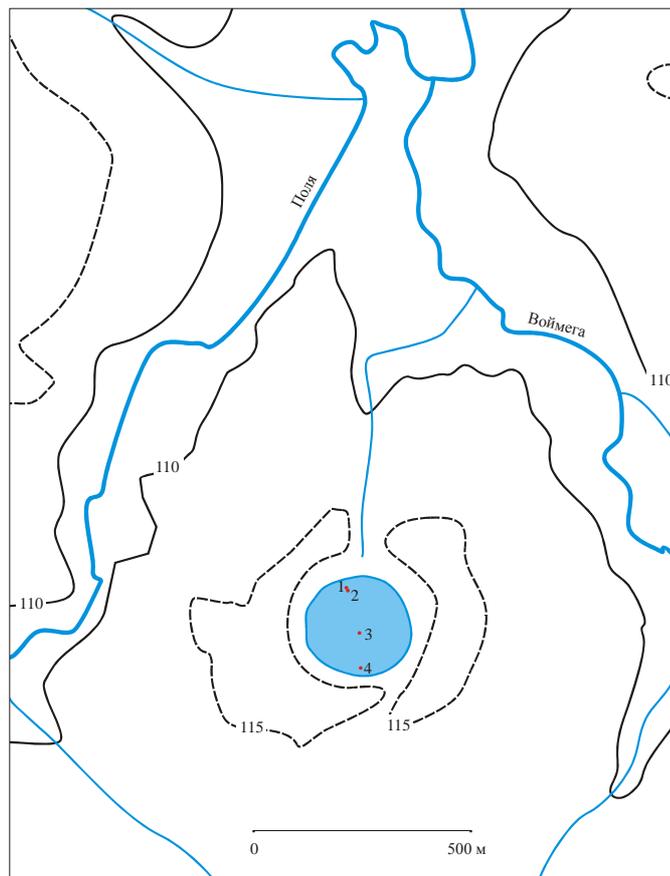


Рис. 2. Местоположение точек бурения на озере Смердячем.

Слоистость донных отложений практически всех изученных кернов оз. Смердячьего, наличие сероводорода, который активно выделялся при отборе кернов, а также расположение озера в зоне выхода на поверхность известняков гжельского яруса каменноугольного периода (Вагнер, Манучарянц, 2003; Шик и др., 1987) можно сделать вывод о карстовом происхождении озера Смердячьего.

Совершенно другой представляется история развития оз. Лемешинского. Мощность отобранных колонок донных отложений достигает 5.60 м. Практически вся толща озерных отложений представляет собой однородную темно-бурую гиттию и лишь нижний слой представляет собой песчаный горизонт. По предварительным данным озеро имеет ледниковое происхождение. В настоящий момент озерная экосистема испытывает сильное антропогенное воздействие, что возможно и способствовало высокой скорости осадконакопления.

Колонки из оз. Белого удалось отобрать лишь небольшой мощности, не более 1 м, упираясь во всех точках в плотный песок. Отбор проводился с глубин 5-6 м. Вероятно крутые уклоны озерной котловины не способствуют высокой скорости осадконакопления. На нижнем песчаном горизонте залегает тонкий прослой серой глины. Выше по разрезу залегает более мощный слой плотной гиттии, который переходит в более органогенную гиттию, насыщенную макроостатками. Генезис оз. Белого пока не установлен и требует дальнейших исследований.

На данный момент получены первые предварительные результаты. Однако уже по этим данным можно сделать вывод о разных условиях осадконакопления в изученных озерах и их различном генезисе.



Рис. 3. Слоистость донных отложений оз. Смердячьего.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ-14-04-01569_a и темы НИР ИНОЗ РАН.

Список литературы

1. Вагнер Б.Б., Манучарянц Б.О. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московской области, Москва, 2003, 81 с.
2. Шик Е.М., Фурсикова И.В., Кабанов Ю.Н., Меньшенин О.А. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000 Серия московская, лист 37-IV, Объяснительная записка. М. 1987. 141 с.

PALAEOLIMNOLOGICAL AND PALEOGEOGRAPHIC RECONSTRUCTION METHODS OF THE LADOGA LAKE LEVELS

Minina M.V.

The Herzen State Pedagogical University of Russia

The main goal of this article is examine the research methods of Lake Ladoga for further modeling paleobasins changes in the late Pleistocene and Holocene. As a result methods describe in different groups, which can be divided into field and laboratory methods; absolute and relative chronology; geological, geomorphological, paleobiological; aimed at the

reconstruction of paleorelief, paleoclimate, palaeohydrology; lithological, physical, chemical, paleontological and etc., including one of the most important one - methods of geoinformation analysis of geographic and paleogeographic objects.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИЙ УРОВНЯ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Минина М.В.

Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена

Применение тех или иных методов в палеогеографии зависит от целей и задач исследования, объекта изучения и условий его нахождения. Так для исходного района исследования было выбрано Ладожское озеро, предметом исследования является трансформация палеобассейнов озера в позднем плейстоцене и голоцене. Соответственно, исходя из задач палеогеографии и задач работы, основной вопрос заключается в изучении прошлых состояний геосистем в конкретной пространственно-временной обстановке, при этом должны быть реконструированы по возможности все компоненты географической среды прошлого.

Для решения вышеуказанной задачи возможно использование различных методов, которые можно разделить на полевые и лабораторные; абсолютной и относительной хронологии; геологические, геоморфологические, палеобиологические; направленные на реконструкцию палеорельефа, палеоклимата, палеогидрологии; на литологические, физико-химические, палеонтологические и др.

Методы комплексного литологического анализа

Литостратиграфический метод – один из основных способов расчленения озерных отложений, базирующийся на изучении колонок донных отложений различной мощности. Принципиальной основой данного метода является выделение и прослеживание по площади естественных седиментационных пачек, характеризующихся набором специфических литологических признаков, отражающих конкретные условия седиментации и позволяющих четко выделять указанные пачки в разрезах. Как правило, изменение условий седиментации связано с последовательной сменой основных этапов палеогеографического развития водного бассейна, что позволяет увязать эти седиментологические события с хроностратиграфической шкалой и произвести возрастное расчленение разреза [4].

Определение потерь при прокаливании (ППП,%) зачастую предшествует гранулометрическому анализу и проводится для оценки содержания органического вещества, остаточной влажности и углекислоты в составе карбонатов. Это важный показатель, свидетельствующий об условиях осадконакопления и косвенно характеризующий гидродинамические процессы в водоеме, его торфический уровень, процессы, происходящие на водосборе. Так увеличение доли органического вещества в разрезах донных отложений голоценового времени связано с усилением процессов эвтрофирования водоемов - результата изменения климата.

Гранулометрический анализ – одна из важнейших характеристик донных осадков, используется для определения процентного содержания и размера частиц донных отложений, что помогает судить об условиях осадконакопления, гидрологическом режиме озера и изменениях уровневого режима озера в прошлом. Для каждого генетического типа отложений наблюдается разный размер обломков, сортировка, окатанность, минералогический и петрографический состав, их ориентировка и т.д.

С помощью *радиоуглеродного анализа*, при условии знания активности современного углерода, определяют возраст материалов в основном органического происхождения путем измерения содержания в образце радиоактивного изотопа ^{14}C по отношению к стабильным изотопам углерода, которые сохраняются после гибели

организма. За время равное 10 периодам полураспада, концентрация ^{14}C снижается до значений близких к фоновым, что и диктует нижний предел метода – 50–60 тыс. лет. Однако следует учитывать, что даже небольшое загрязнение молодым углеродом (за счет механического привнесения или изотопного обмена) способно сильно омолодить изотопный состав древней органики.

Данный метод позволяет скорректировать недостатки относительного определения возраста биостратиграфическими методами. При отсутствии органического вещества в пробах или его малом содержании используются альтернативные методы, например, тефрохронологический.

Тефрохронологический анализ применяется для датирования отложений, в которых обнаружен пирокластический материал [2], который служит хорошим маркирующим горизонтам при корреляции разрезов отложений. Это строго синхронные поверхности в толще осадков, характерные для каждого извержения конкретного вулкана. Пепел датируется непосредственно радиометрическими методами. Применение тефрохронологии не ограничивается областями активного вулканизма. Пепел от особенно мощных извержений может образовывать литологически различимые образования за тысячи километров от источника.

При применении тефрохронологического метода, для определения источника происхождения пепла и его возраста, используется *геохимический анализ*, основанный на изучении химических элементов исследуемых образцов, количественно изменяющихся в результате тех или иных процессов. Сравнивая процентное содержание элементов соседних стратиграфических слоев можно сделать выводы о том, как изменялись природные условия. Например, органический углерод отражает биологическую продуктивность озера и прилегающей территории, изменение его содержания говорит о предшествующих климатических колебаниях.

Группа биостратиграфических методов

Диатомовый анализ основан на выяснении таксономической принадлежности и количественном учете диатомовых водорослей, являющихся основными продуцентами органического вещества в морях и океанах и хорошо сохраняющимися в течение долгого времени. Анализ позволяет выявить экологические группы диатомей, характеризующие условия водоемов, в которых эти водоросли обитали. Использование этого метода позволяет реконструировать историю, характер изменения уровня озер в прошлом, историю эволюции озерных экосистем, выделить периоды соединения водоема с морем (по общей минерализации). Однако стоит учитывать, что на диатомы влияет высокое значение рН воды, они могут разрушаться при активных механических процессах и поступлении терригенного материала [1].

В результате того, что растения более восприимчивы к изменениям климата, чем осадочные породы, *спорowo-пыльцевой анализ* (палинологический) обеспечивает более надежное определение относительного возраста осадков и позволяет осуществлять корреляцию отдельных частей разреза озерных отложений вне зависимости от их генезиса и фациальных разновидностей, а также восстановить палеоландшафт по процентному соотношению количества древесной и недревесной пыльцы и спор. Хорошая сохранность оболочек пыльцы и спор растений, их присутствие во всех генетических типах отложений от палеозоя до настоящего времени, большое число спор и пыльцы даже из небольшой образец горных пород способствуют популяризации данного метода. На интерпретацию спорowo-пыльцевых комплексов негативно влияют следующие факторы: переотложение пыльцы при размыве отложений, привнос пыльцы, морфологическая изменчивость спор и пыльцы, различная сохранность останков.

Варвохронологические исследования ленточных глин ледниково-озерных отложений заключаются в измерении мощности варв (лент, состоящих, как правило, из двух слоев – светлого, алевроитового, «летнего» слоя и темного, глинистого, «зимнего» слоя) и в изображении полученных результатов в виде варводиagramм. Эти исследования

наиболее перспективны в областях распространения в прошлом крупных приледниковых бассейнов, т.к. глины являются хорошим индикатором климата [4].

Метод дендрохронологии основывается на реакции древесной растительности на климатические изменения, в результате которых увеличиваются или уменьшаются темпы годового прироста древесных колец. Засушливый климат в рисунке колец выражается в уменьшении их ширины, увеличении плотности древесины по всей окружности, похолодание - в заметном уменьшении ширины колец и увеличении плотности древесины с холодной стороны [3]. Характер годичного прироста сильно различается для разных пород деревьев.

Так же для датирования и корреляции озерных отложений большое значение имеют *палеомагнитные исследования*. С помощью высокочувствительных магнитометров определяется направление остаточной намагниченности донных осадков, которое совпадает с направлением локального геомагнитного поля во время образования осадков. Слой донных осадков достаточный для палеомагнитного исследования накапливается достаточно долго, поэтому направление намагниченности образца соответствует среднему направлению геомагнитного поля за этот временной интервал. Статистически обоснованная картина изменений направления геомагнитного поля дает возможность судить об относительном возрасте озерных отложений. При использовании данного метода должна быть известна ориентация образцов относительно друг друга и весьма желательно знание их абсолютной ориентации [4].

Археологическое датирование определяет культурную и возрастную принадлежность древних артефактов, фиксирует их стратиграфическое положение, а также присутствие человека, что помогает выделить основные этапы изменения природной среды на данной территории, например, периоды трансгрессии и регрессии моря.

Все большее значение сегодня приобретают методы *геоинформационного анализа* географических и палеогеографических объектов. Новые возможности для решения ряда задач, включая вопросы истории развития различных географических объектов, открывает пространственно-временное моделирование на основе ГИС. Основным достоинством подобных карт является возможность разложения их на составляющее, т.е. выделение отдельных слоев. ГИС-технологии позволяют за короткий промежуток времени провести картометрические и морфометрические работы высокой точности, их обработку, составление соответствующих карт, их визуализацию и печать. Благодаря использованию доступного картографического материала возможно разработать цифровую модель рельефа развития котловины Ладожского озера в послеледниковье и на ее основе, с помощью ГИС-методов, проводить высокоточные расчеты уровней озера в различные исторические периоды и определять его основные морфометрические характеристики.

Список литературы

1. Каревская И.А., Панин А.В. Палеогеографические методы исследований. Реконструкция палеогеографических событий и этапов: Учебное пособие/Под ред. И. А. Каревской, А. В. Панина. - М.: Географический факультет МГУ, 2012. - 200 с.
2. Кузнецов Д.Д. Тефрохронология и ее применение в палеолимнологии/Д.Д. Кузнецов, Д.А. Субетто// Изв. РГО.-2004.-Т.134.-Вып.5- С.79-82.
3. Малолетко А.М. Методы палеогеографических исследований/курс лекций. Томский государственный университет. Томск, 2010. - 100 с.
4. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена.- 2009. - 343 с.

CONSTRUCTION OF A MULTI-CENTURY TREE-RING CHRONOLOGY FROM THE HOLOCENE DEPOSITS OF THE MUYA RIVER VALLEY, NORTH BAIKAL REGION, RUSSIA

Voronin V.I., Oskolkov V.A., Buyantuev V.A., Shvetsov S.G., Moritz R.S.
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, 664033, Lermontov 132,
Irkutsk, Russia

Analysis of both direct and indirect sources of climate information, shows that the speed and the amplitude of the current warming is unparalleled in recent centuries, that according to the authors, is enough for judging the significance of anthropogenic components in modern climate (Briffa et al., 1996; Overpeck et al., 1997; Mann et al., 1998; Bradley, 2000). A tool for assessing the anthropogenic component in the current climate, in particular changes in the air temperature, is the identification of natural temperature variations in the pre-industrial past, over the centuries and millennia. Such indirect sources of information on climate change, as the tree-ring chronology, ice columns, and the layers of sediment, have a high time resolution and cover the intervals from one to hundreds of thousands of years (Bradley, 1999). Among the various indirect sources of climate change, are the tree-ring chronologies, have that a number of features (Hughes, 1995). Firstly, a robust temporary "binding" which provides cross-dating. Secondly, it is a high stretch in time (a year) and using the structures of tree rings (a season) a month brings these tree rings the instrumental climate data. The third is the ability to identify the reconstruction of climatic variables on the rings –the opportunity to build a reliable statistical model, to calibrate their instrumental climate data and then be verified. Lastly, the saved wood of dead trees provides a chronology of the entire period of the Holocene. Due to this fact, it is possible to obtain accurate continuous paleoclimatic data, spanning several millennia.

We found mass graves of sub-fossil wood in the alluvial deposits of the river Muya in the North Baikal area, which are possible to use for construct a continuous chronology of almost the entire period of the Holocene. River Muya within the Muya-Kuanda depression is characterized by an almost universal occurrence of tree trunks and stump horizons, which there are in outcrop its floodplain terraces. The abundance of material of different ages within the Holocene provides the possibility of continuous tree-ring chronology stretching for several thousand years.

In total, more than 250 disks of trees were selected. The majority of samples of wood contained about 150 rings, the maximum number of the rings found in one sample were equal to 546 years. This sample belongs to the period-3934 ± 3389 BC, and was cross dated with a sample (GIN - 15098 5660±50 BC).

A 645-year long radiocarbon dated chronology (581AD – 1310 AD) consisting of 20 samples was developed. This chronology has a temporary distance from generalized STD-chronology only in 268 years. This also applies to five radiocarbon dated chronologies 7927-7160 BC, 5937-5738 BC, 4687-4466 BC, 3955–2898 BC and 1426–740 BC built on base of about 25, 9, 12, 45 and 20 larch trees, respectively. There are several radiocarbon dated chronologies constructed on base of few trees (Fig. 1).

In researched area we created absolutely dated tree- ring chronology of living larch trees for the temporary period of 1669AD – 2012 AD. During cross dating with tree- ring chronology of sub-fossil wood its temporary extent increased to 1580 AD – 2012 AD and was created to generalize Std-chronology. Also, on sub-fossil wood from alluvial deposits six floating wood and ring chronologies for the periods 7927-7160 BC, 5937-5738 BC, 4687-4466 BC, 3955-2898 BC, 1426-740 BC and 581-1310 AD are received. It revealed a clear correlation dynamics of the larch tree-rings from the study area with the amount of precipitation in May and June ($R = 0,42$). For dendroclimatic analysis we determined that the parameters of the model, its verification and performed calibration reconstruction of the

amount of precipitation in May and June. The correlation between the reconstructed and measured data, smoothed by the 3-year moving filter is $R = 0,72$ ($R_2 = 0,25$; $F_{1,42} = 14$).

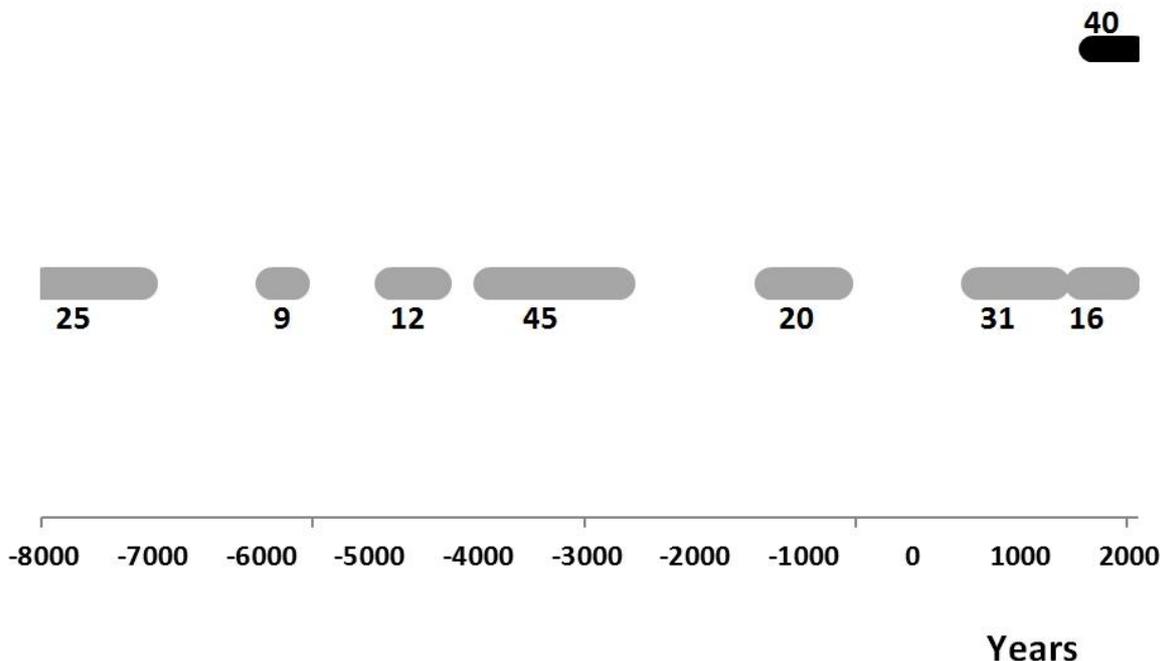


Fig. 1. Distribution of the received tree-ring chronologies. Black color – absolutely dated chronologies on living trees. Gray color – floating chronologies on sub-fossil wood. Figures showed number of trees of TRW-chronologies.

The reported study was partially supported by RFBR, research project No. 14-44-00014a.

References

1. Bradley, R.S., 1999. Paleoclimatology. Reconstructing climate of the quaternary. International geophysics Series. 64, 613 p.; Bradley, R.S., 2000. Past global changes and their significance for the future. Quaternary Science Reviews. 19, 391-402.;
2. Briffa, K.R., Jones, P.D., Schweingruber, F.H. et al., 1996. Climatic variations and forcing mechanisms of the last 2000 years (Jones P., Bradley R, Jouzel J, Eds.). Berlin, Springer-Verlag, pp. 9-41.;
3. Hughes, M.K., 1995. Tree Rings. From the Past to the Future. Proc. Int. Symp. On Asian and Pacific Dendrochronology, FFPRI, Tsukuba, pp. 1-7.;
4. Mann, M.E., Bradley, R.S., Hughes, M.K., 1998. Global scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. Nature. 392(23), 779-787. ;
5. Overpeck, J., Hughen, K., Hardy, D., R. Bradley, R. Case, M. Douglas, B. Finney, K. Gajewski, G. Jacoby, A. Jennings, S. Lamoureux, A. Lasca, G. MacDonald, J. Moore, M. Retelle, S. Smith, A. Wolfe, and G. Zielinski, 1997. Arctic environmental change of the last four centuries. Science. 278(14), 1251-1256.

CURRENT STATE OF PALEOGEOGRAPHIC STUDY OF LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE SEDIMENTS, KOTELNY ISLAND (NEW SIBERIAN ISLANDS)

Yadrikhinskiy I.V.¹, Pestryakova L.A.¹, Gorodnichev R.M.¹, Rudaya N.A.²

¹North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

² Centre of Cenozoic Geochronology Institute of Archaeology & Ethnography Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ И ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОСТРОВА КОТЕЛЬНЫЙ (НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА)

Ядрихинский И.В.¹, Пестрякова Л.А.¹, Городничев Р.М.¹, Рудая Н.А.²

¹Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,

²Институт археологии и этнографии СО РАН

Исследование и освоение Арктических островов всегда было и остается сложным и дорогостоящим делом. Новосибирские острова в этом отношении не являются исключением.

Крупный сектор российской Арктики, в котором располагаются Новосибирские острова, охвачен исследованиями большей частью по периферии материка, островная же часть до недавнего времени была изучена лишь фрагментарно.

Последний из крупных островов архипелага был открыт в 1914 году, а планомерное изучение началось только в середине двадцатого века. Повышение исследовательской активности было связано, в первую очередь, с освоением Северного морского пути. Непосредственно на островах в разное время работали различные экспедиции: производилась, геологическая съемка, а также работали комплексные экспедиции, направленные на изучение широкого спектра особенностей природы архипелага, в том числе и его палеогеографии.

Масштабные экспедиции на начальном этапе изучения Новосибирских островов, хотя и охватывали работами большую часть островных площадей, однако проводились еще до появления многих из аналитических методов, широко применяемых в настоящее время, и, поэтому не всегда соответствовали уровню современной науки, с ее требованиями; к точности, детальности стратиграфических сопоставлений; и палеогеографических реконструкций.

В советское время на архипелаге была организована сеть гидрометеорологических станций. Изучением природы Новосибирских островов занимался Арктический научно-исследовательский институт. Проведенные работы большей частью носили описательный характер.

Началом палеогеографических исследований позднего плейстоцена и голоцена региона с использованием спорово-пыльцевого метода и радиоуглеродного датирования были материалы, собранные на о. Котельный (Макеев и др., 1989). Фактически эта работа явилась началом палеогеографических исследований с использованием палинологического анализа. Исключение составляет работа А.В. Ложкина (1977), в которой приведены две радиоуглеродные датировки торфа из торфяника мощностью около 1 м, залегающего в нижней части берегового обрыва о. Котельный (29 750±1100 лет (МАГ-144) и 28 220±1000 лет (МАГ-174) соответственно). Опубликованная обобщенная характеристика спорово-пыльцевых спектров позволяет предположить существование на о-ве Котельный во время образования торфяной залежи травяных осоково-злаковых и полынно-злаковых, а также мохово-травяных сообществ.

В 1991 году В.М. Макеев опубликовал вторую статью «Стратиграфия, геохронология и палеогеография позднего плейстоцена и голоцена острова Котельный». В работе приводятся результаты спорово-пыльцевого анализа из опорных разрезов с возрастом > 47 710 лет (нижняя часть слоя) и 35 390 ±580 лет (верхний слой).

По палинологическим данным, авторами статьи было установлено, что значительную часть в конце плейстоцена (11,7 тыс.л.н) в растительном покрове господствовал злаково-полынный травянистый комплекс, свидетельствующий о существовании тундрово-степных или даже степных ландшафтов в условиях резко континентального климата с очень небольшим количеством осадков и, вероятнее всего, с летними температурами воздуха выше современных.

В.М. Макеевым и В.В. Питулько (Макеев, Питулько, 2003) были изучены отложения с возрастом 15000 лет и более, широко распространенные на о. Котельном, и в которых встречается погребенный торф мощностью до 3 м. Авторами, на основе спорово-пыльцевого и палеоботанического анализов торфов были сделаны следующие выводы:

- период 15400-12500 л. н. характеризуется крайне континентальным климатом и ксерофильной травяной растительностью (тундро-степью);
- период 12500-12200 л. н. произошло увеличение увлажнения и появление кустарников (*Betula tortuosa*, *B. exilis*, *Alnus fruticosa*);
- в связи с усилением континентальности 12200-10000 л. н. кустарники и кустарнички почти полностью исчезли, а стали преобладать осоково-полынные ассоциации тундро-степи;
- потепление климата 10000-9000 л. н. вновь вызвало широкое распространение кустарников и кустарничков. Это термический максимум голоцена;
- период 9000-8000 л. н. характеризуется похолоданием, повышением увлажнения и доминированием осок;
- в атлантический период (8000-5000 л. н.) широкое распространение получила кустарниковая растительность в долинах рек, появилась сосна и ель. Этот период характеризуется богатой травяной растительностью;
- в период с 5000 л. н. по настоящее время климат менялся. В теплые субпериоды в речных долинах росли кустарники. На о. Жохова найдены следы поселений человека, имеющие возраст 8000 лет.

На основе полученных результатов видно, что в течение всего голоцена были благоприятные условия для формирования болот и соответственно растительности в целом, что подтверждается результатами ряда исследователей (Анисимов..., 2010)

Палеолимнологические исследования в настоящее время приняли огромный размах. Исследуются озера Северной и Южной Америк, при этом проводится анализ и сопоставление материалов, полученных по единой методике для палеогеографических реконструкций всего Американского континента. Активно ведутся палеолимнологические исследования озер на Африканском континенте.

Большое внимание уделяется подробному изучению донных отложений крупных озер рифтовой зоны, озер сельвы и севера Африканского континента. Европейские палеолимнологические исследования имеют старые традиции.

Созданы крупные центры, где ведутся работы по изучению донных отложений озер - это Центр палеолимнологических исследований в Англии, Лундский университет, Институт полярных и морских исследований им. А. Вегенера в Германии, исследовательские центры в Берне, в Стокгольме, Упсале, Хельсинки и ряд других. Существует сейчас огромное количество научных программ направленных, в том числе, и на изучение озер (IGBP, PAGES, CAPE, QUEEN, PALEO, APEX и др.).

Степень изученности истории озер на обширной территории России различна. Наиболее исследованными являются озера Восточно-Европейской равнины, менее - многочисленные малые водоемы, расположенные на территории Севера Азии (История озер., 1995), хотя потребности в знании скорости и направленности природных процессов в озерах велики.

Имеющиеся материалы по истории озер не дают возможности с одинаковой полнотой охарактеризовать этапы их формирования в различных природно-географических зонах на территории нашей страны. Особенно слабо изученной остается азиатская часть страны.

Островные территории Российской Арктики все еще остаются "белым пятном" в данном направлении.

Развитие озерных ландшафтов островных территорий Якутии, расположенных в криолитозоне может быть изучено только с помощью применения разносторонних палеолимнологических методов.

В изучении Новосибирских островов активно участвует Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. В 2012 г. в составе комплексной научной экспедиции «Новосибирские острова 2012», организованной экспедиционным центром РГО работали сотрудники университета на п-ове Фаддеевский (о. Котельный), где были проведены комплексные лимнологические исследования водоемов. В ходе проведения полевых работ получены уникальные материалы, характеризующие химический состав воды, морфометрию, гидробиологию водоемов полуострова Фаддеевский – малоизученных и труднодоступных экосистем архипелага.. Также были отобраны керны озерных осадков из исследуемых водных объектов.

На данный момент из 10 отобранных коротких кернов с водоемов полуострова на палинологический анализ исследована одна колонка из озера 12FAD03 расположенный на северо-западе полуострова. Для полной интерпретации палинокомплекса затрудняет отсутствие на данный момент результатов датировки.

Изучение Арктики имеет важное научное и экономическое значение. Изменение климата, произошедшее в последние десятилетия, вызвали массу научных споров, связанных с ролью антропогенного фактора в этом процессе. Многочисленные климатические модели строятся в основном по относительно коротким рядам инструментальных наблюдений. Учитывать изменения климата, происходившие до начала инструментального периода, возможно только при наличии достаточно обоснованной его реконструкции по комплексу аналитических методов. Являясь важным климатообразующим регионом планеты, Арктика привлекает к себе особое внимание.

Работа выполнена в рамках РФФИ проекта № 13-05-00327 «Палеоэкология и палеогеография озер Новосибирских островов»

Список литературы

1. Анисимов М.А., Развитие природной среды Новосибирских островов в Голоцене Автореферат на соискание ученой степени кандидата географических наук. 2010. – 28 с.
2. Городничев Р.М., Пестрякова Л.А., Гидрохимическая характеристика водных объектов полуострова Фаддеевский (Новосибирские острова) // Наука и образование. – 2014. - №1 (73). С. 80-85
3. История озер Восточно-Европейской равнины (Серия: «История озер») / Ред. Н.Н. Давыдова, М.В. Кабайлене, А.В. Раукас, О.Ф. Якушко.- Спб., 1992. 262 с.
4. Макеев В.М., Арсланова Х.А., Барановская О.Ф. и др. Стратиграфия, геохронология и палеогеография позднего плейстоцена и голоцена острова Котельного // Бюл. комиссии по изучению четвертичного периода. – 1989. - №58.- 58-69 с.
5. Ушницкая Л.А., Городничев Р.М., Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А. Предварительная лимнологическая характеристика водоемов полуострова Фаддеевский (Новосибирские острова)// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.- 2013. №8. – 189-192 с
6. Makeyev V.M., Ponomareva D.P., Pitulko V.V. et al. Vegetation and Climate of the New Siberian Islands for the Past 15,000 Years // Arctic, Antarctic and Alpine Res. 2003. V. 35, №1. P. 56-66.
7. Yadrikhinskiy I.V., Rudaya N.A., Pestryakova L.A., Gorodnichev R.M. Palinological characterization of the sediment core from the lake 12FAD03 of Faddeevskiy Peninsula, New Siberian Islands. Paleolimnology of Northern Eurasia. Petrazavodsk: Karelian Research Center RAS, 2014.- P. 60-62.

PALAEOLIMNOLOGICAL STUDY OF LAKE SEDIMENTS
ON SW KOLA PENINSULA

Grekov I.M.¹, Kolka V.V.²

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, ²Geological Institute of the
KolaScience Centre of the Russian Academy of Sciences

Study area is located on the Kandalaksha shore of the White Sea in the area of the river Kolvica and on the south shore lake Kolvitskoe. The aim of our study is the reconstruction of environmental changes on the southwest of the Kola peninsula, the identification and justification local differences relative movement coastline within different neotectonic blocks (morphostructures) on both sides of the ridge Villaselga, as well as in the upper Kandalaksha Bay, where such work has been done previously.

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОЗЕР ЮЗ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Греков И.М.¹, Колька В.В.²

¹РГПУ им. А.И. Герцена, ²Геологический институт КНЦ РАН

Район исследований расположен на Кандалакшском берегу Белого моря в районе реки Колвицы и на южном берегу оз.Колвицкого. Здесь межлопастная гряда Вилласельга трассирует активизированный на неотектоническом этапе разлом, отделяющий Лапландско-Колвицкий гранулитовый пояс от Колвицкого грабена. Севернее разлома в позднем плейстоцене функционировала хибинско-колвицкая ледниковая лопасть, а южнее – беломорская лопасть. В пределах действия этих ледниковых лопастей отмечалась разная динамика ледовых масс. Вероятно, различия в характере неотектонической активизации тектонических блоков и в ледниковой динамике лопастей по разные стороны гряды Вилласельга, являются причиной того, что с разных сторон к гряде примыкают аккумулятивные равнины, расположенные на разных высотных отметках. На этих равнинах располагаются малые озера с разными литологическими последовательностями.

Целью нашего исследования является реконструкция изменений природной среды на ЮЗ Кольского полуострова, выявление и обоснование локальных различий относительного перемещения береговой линии моря в пределах разных неотектонических блоков (морфоструктур) по обе стороны гряды Вилласельга, а также в вершине Кандалакшского залива, где подобные работы проведены ранее.

Материалы исследований. Изученные озера **Kol-1** и **Kol-2** расположены севернее гряды, и характеризуются схожим характером донных отложений (Рис.1). Здесь отмечаются редуцированные литологические последовательности, которые формировались, вероятно, в условиях деградации малоподвижной, стагнированной в позднеледниковье хибинско-колвицкой ледниковой лопасти. Между минерогенной и органогенной частями разреза отмечаются отчетливые стратиграфические несогласия. Озеро **Kol-1** функционирует в одной из распространенных в пределах гряды Вилласельга гляциокарстовых депрессий. Размер его не более 150 м в диаметре при современных глубинах до 5 метров. Судя по радиоуглеродным датировкам нижней части органогенного материала озера **Kol-1**, седиментация в этой озерной депрессии была заблокирована на протяжении большей части голоцена.

Озеро **Kol-2**, имеет значительно большие размеры и глубины, и расположено в субпараллельной гряде Вилласельга депрессии коренного фундамента, где дегляциация льда проходила более активно. Органогенная седиментация здесь началась примерно 8000 ^{14}C лет тому назад. Следует отметить, что в минеральной части обоих разрезов установлено наличие морских и солоновато-водных диатомовых водорослей (аналитик Толстоброва А.А.).

Озера **Kol-3** и **Kol-4** расположены с южной стороны гряды Вилласельга и вдоль южного берега Колвицкого озера. В них обнаружен другой характер литологической последовательности донных отложений (рис.2). В озере **Kol-3** наблюдается типичная для Беломорской депрессии регрессивная последовательность осадков: морские – переходные – современные озерные осадки, без видимых несогласий. В озере **Kol-4** отмечается такой же порядок литологических фаций с отчетливой границей между минерагенной и органогенной частью разреза, что может свидетельствовать о небольшом стратиграфическом несогласии.

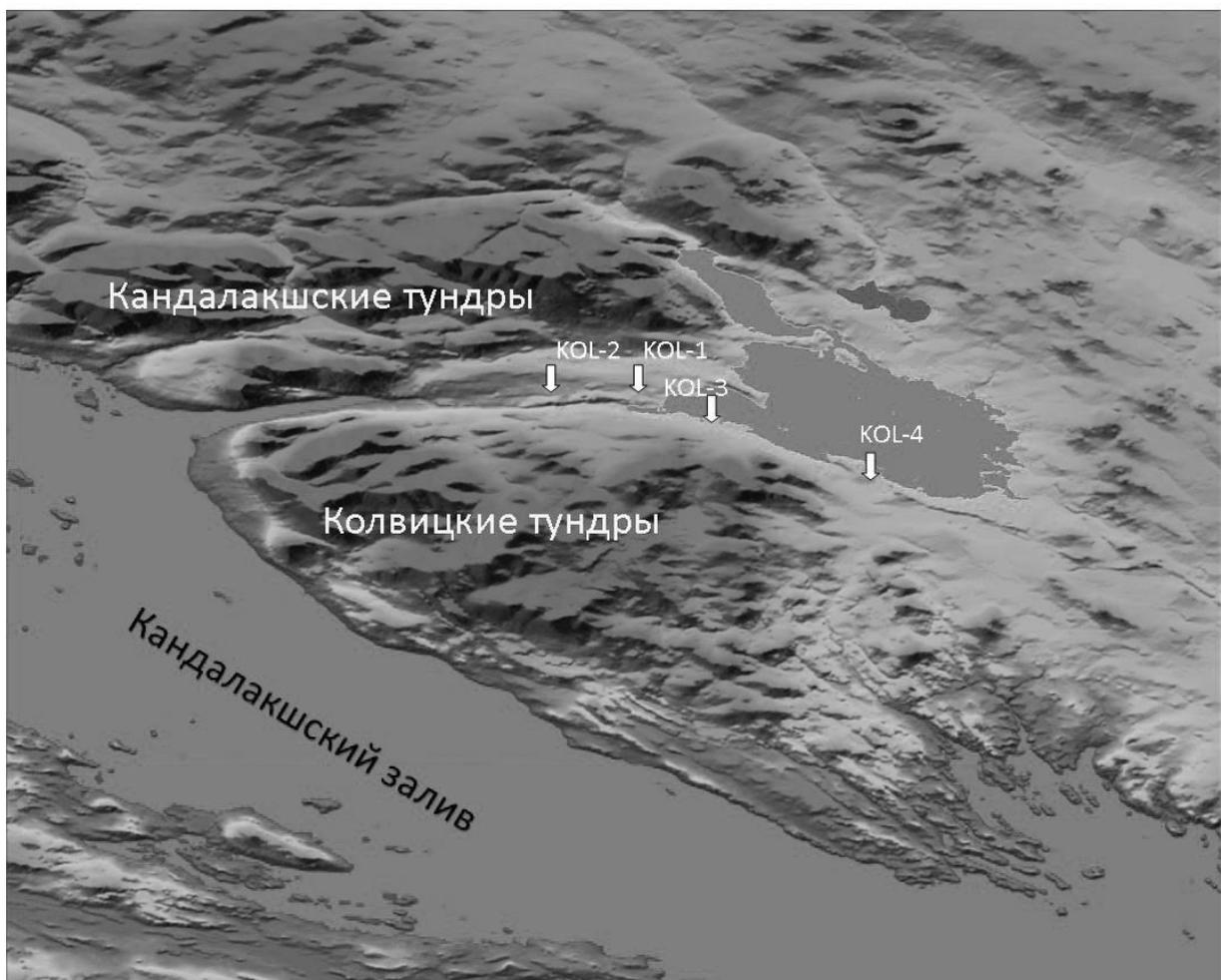


Рис. 1 Район исследований

Обсуждение полученных результатов. Модельные построения графика относительного перемещения уровня моря, выполненные для соседнего района в вершине Кандалакшского залива, показывают, что в позднем плейстоцене здесь наблюдалась морская трансгрессия, сменившаяся затем регрессией с различными скоростями. Замедление в поднятии территории, отмечается между 8800 - 6800 л.н. (кал.) и отвечает времени трансгрессии Тапес, проявленной в бассейне Северного Ледовитого океана. В период между 6800 - 4700 л.н. (кал.) скорость поднятия континента значительно увеличилась, и береговая линия отступала здесь со скоростью около 2.1 см/год, что в 2-4

раза больше установленных ее значений для других районов побережья Кандалакшского залива. В течение последних 4700 л.н. (кал.) поднятия замедлилась и составляет примерно 0.5 см/год (Евзеров и др., 2010). Нашими исследованиями для выявления и обоснования локальных различий относительного перемещения береговой линии моря в пределах разных неотектонических блоков (морфоструктур) установлено следующее. Наиболее древние датировки интервалов переходных зон без значительных стратиграфических несогласий получены в озере **Kol-3** с отметкой порога стока 59,4 м над уровнем моря. Они составили примерно 9.3 тыс. ^{14}C лет (10.5 тыс. кал. лет). Анализ нижних горизонтов разреза на потери при прокаливании (500°C) показывает о низком содержании и неравномерном накоплении органики в позднеледниковье и раннем голоцене. При этом датировки из озера **Kol-4**, расположенного на более высоких отметках (67.0 м) составили примерно 8.7 тыс. ^{14}C лет (9.8 тыс. кал. лет). Следует отметить также, что радиоуглеродные датировки из озер с высотными отметками порогов стока 56.0 м и 67.0 м в районе вершины Кандалакшского залива составили 6.1 тыс. ^{14}C лет (7.0 тыс. кал. лет) и 8.2 тыс. ^{14}C лет (9.1 тыс. кал. лет) соответственно (Евзеров и др., 2010). В первом приближении это противоречит гляциоизостатической гипотезе воздымания беломорского побережья в позднеледниковье и голоцене, и подтверждает разные скорости вертикального поднятия в пределах морфологических блоков. Однако, следует отметить, что это предварительные результаты. Выводы можно будет сделать после получения результатов по другим видам анализов, и после тщательного анализа всех имеющихся данных.

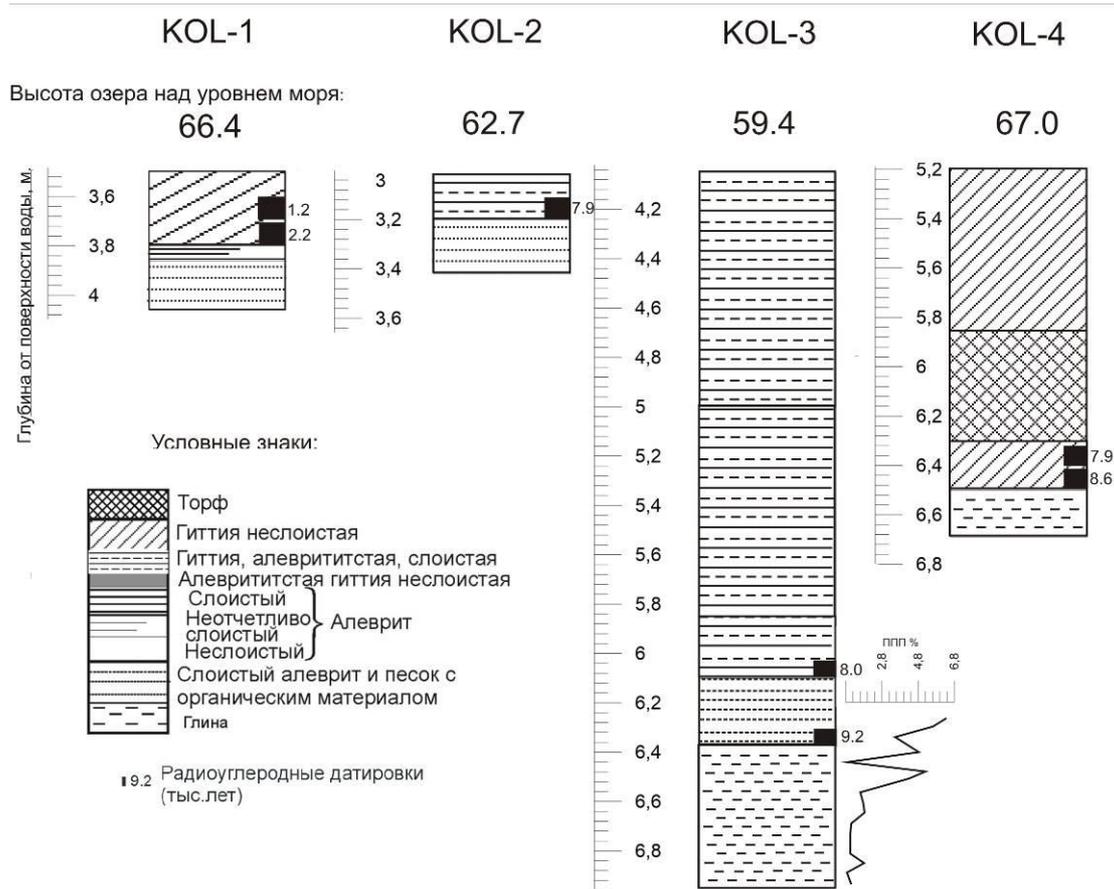


Рис. 2 Литология исследованных озер

Работа выполнена при частичном финансировании гранта РФФИ № 15-35-50479-мол-нр.

Список литературы

1. Евзеров В.Я., Колька В.В., Корсакова О.П., Николаева С.Б. Реконструкция палеоэкологических обстановок позднего плейстоцена – голоцена в Кольском регионе // Строение и история развития литосферы. - М. Paulsen, 2010. стр.491 - 506.

PALAEOENVIRONMENTAL RESEARCH OF THE ORGANIC FILL OF THE ROZPRZA RING-FORT MOAT, CENTRAL POLAND

Kittel P.¹, Antczak O.², Brooks S.J.³, Elias S.⁴, Krąpiec M.⁵, Luoto T.P.⁶, Okupny D.⁷, Pawłowski D.⁸, Płóciennik M.², Rzdokiewicz M.⁹, Sikora J.¹⁰, Stachowicz-Rybka R.¹¹, Wacnik A.¹¹

- ¹ Department of Geomorphology and Palaeogeography, Faculty of Geographical Sciences, University of Lodz, Łódź, Poland, piotr.kittel@geo.uni.lodz.pl
- ² Department of Invertebrate Zoology and Hydrobiology, University of Lodz, Łódź, Poland, ola.antczak10@gmail.com, mplociennik10@outlook.com
- ³ Department of Life Sciences, Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, UK; s.brooks@nhm.ac.uk
- ⁴ Geography Department, Royal Holloway, University of London, Egham, Surrey United Kingdom, S.Elias@rhul.ac.uk
- ⁵ Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH – University of Science and Technology, Kraków, Poland, mkrapiec@agh.edu.pl
- ⁶ Department of Geosciences and Geography, University of Helsinki, P.O. Box 64, FI-00014 Helsinki, Finland, tomi.luoto@helsinki.fi
- ⁷ Institute of Geography, Pedagogical University of Kraków, Kraków, Poland, danek_1985@o2.pl
- ⁸ Institute of Geology, Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland, dominikp@amu.edu.pl
Department of Quaternary Geology and Paleogeography, Institute of Geoecology and Geoinformation, Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland, lutynska@amu.edu.pl
- ¹⁰ Department of Historical Archaeology and Weapon Studies, Institute of Archaeology, University of Lodz, Łódź, Poland, jerzy.sikora@uni.lodz.pl
- ¹¹ W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, Poland, r.stachowicz@botany.pl, a.wacnik@botany.pl

Palaeoenvironmental studies of moats are not often undertaken during archaeological research of defensive structures such as ring-forts, surrounded by ditches. However, the depositional environment of wet moats is similar to small lake basins such as ox-bows, and can be examined with the use of multiproxy palaeoecological methods. Our research at Rozprza ring-fort is one of the first detailed studies on the development of a wet moat environment in the context of natural changes and human impacts in the Late Middle Ages and Modern Times, i.e. in the Little Ice Age.

The ring-fort in Rozprza (51°18'07'' N; 19°40'04'' E; 182-183 m a.s.l.) is situated in the middle sector of the Luciąża River (3rd-order river in Vistula River basin) valley. The valley floor is strongly expanded in the ring-fort area. The remains of the Late Medieval moat are situated in the central part of mid-Luciąża River valley, on the Plenivistulian terrace remnant adjoining the Late Vistulian and Holocene floodplain. The ring-fort was first archaeologically excavated in the 1960s (Chmielowska 1966, 1982). The stronghold functioned as a seat of a noble family in the mid-14th century AD, in the form of motte-and-bailey. It was developed on the site of an early medieval settlement dating from the second half of the 10th or the beginning of the 11th century. This earlier stronghold was later replaced by a ring-fort that existed as the seat of a local officer up to the 13th c. AD. The area was investigated in recent years by archaeologists. Additional studies included detailed geological mapping, large scale aerial

photography, and geochemical and geophysical testing. These studies, combined with detailed topographical mapping, uncovered traces of the ring-fort's moat system (Kittel et al. 2015, Sikora et al. 2015). A geological survey was carried out in the ring-fort surroundings, in order to recognize the surface geology of the area and the geological structures, which were recorded by non-invasive survey. In total, 234 cores were taken using an Eijkelkamp hand auger at depths of 1.0 to 3.5 meters. These hand auger transects established the structure of the surficial geology in close proximity to the ring-fort (Kittel et al. 2015).

New results are providing data crucial for the detailed reconstruction of the Late Medieval palaeoenvironmental conditions of the motte with the developed moat system, situated in the valley floor. The motte was established in the 14th century AD and is situated on the surface of a very low (up to 1-1.5 meters) sandy terrace remnant, protected by the surrounding swampy areas of valley floor with narrow river channels and ox-bows. The geophysical data established the presence of both the main ambient moat and a second, additional, trapezoidal moat, which surrounded the inner ring-fort's bailey. Both are partly visible in the terrain, as well as on aerial photographs. The geological survey documented the sedimentology of the moats. They are filled with organic (gyttja and peat) and partially inorganic deposits containing rich remains of woods. The medieval age of the features was previously established by radiocarbon dating of samples collected from the bottom of the main moat's fill with the use of hand auger: 1080±60 BP, i.e. 895-1017 AD (prob. 68.2 %) and 1040±60 BP; i.e. 897-1038 AD (Kittel et al. 2015).

METHODS. In 2015, intense field work was carried out at the site, utilizing archaeological trenches. Successive 10-cm layers of deposits were removed from the trench exposure situated across the main ring-fort's moat. Within each 10-cm "mechanical layer", stratigraphic units were distinguished. All excavated deposits were sifted and floated stratum by stratum with the use of a 4 × 4 mm sieve. Waterlogged layers were accessed by pumping water from the excavation. The trench exposures allowed us to examine the moat fills in detail. The main moat had a width of almost 21 meters and a trapezoidal cross-section with the depth of 0.5 m (the greatest thickness of organic mud, peat and gyttja), up to more than 1.3 m in the centre. The upper silty-sandy layers contain early medieval potsherds from 11th-13th centuries AD and also rare modern artefacts. The upper silty-sandy unit covers a moat fill of organic deposits: peat, gyttja and organic mud with 14th century artefacts. The modern artefacts provide evidence of the destruction of western part of the stronghold mound in 1944, so the silty-sandy layers with early medieval materials should be interpreted as redeposited. On the inner moat's slope there was a wooden construction dated to 14th century, which was partly covered with thick layers of slope deposits (various-grained sands laminated with organic mud) from the stronghold earthwork. In the close vicinity of the wooden construction, a large number of pieces of wood, branches and even big fragments of trees were excavated from the layers of organic mud and gyttja.

The fill of the main moat consists of organic mud with sandy admixtures, with numerous fragments of wood and roots (at a depth from ca. 40/46 to 55/60 cm b.g.l.), peat with fragments of wood (55/60 – 75/85 cm b.g.l.), coarse-detritus gyttja (75/85 – 120/125 cm b.g.l.), and clayey organic mud with sandy admixtures (120/125 – 130/135 cm b.g.l.). Most of the organic deposits accumulated in the last 600 years, as documented by radiocarbon (¹⁴C) data (Tab. 1).

Tab. 1. Radiocarbon data of the main moat fill

Deposits	Depth b.g.l. [cm]	Age conv ¹⁴ C	Laboratory No.	Age cal ¹⁴ C prob. 68.2 %	Age cal ¹⁴ C prob. 95.4 %
Silty and sandy organic mud (top)	42-47	120±40	MKL-2839	1684-1928 AD	1675-1942 AD
Peat (top)	55-60	230±35	MKL-	1643-1950	1526-1950

			2840	AD	AD
Peat (bottom)	75-80	320±40	MKL-2841	1514-1641 AD	1468-1649 AD
Coarse-detritus gyttja (top)	85-90	370±35	MKL-2842	1453-1620 AD	1446-1635 AD
Clayey organic mud (bottom of moat fill)	130-135	1280±50	MKL-2843	671-770 AD	655-875 AD

The fragments of wooden elements discovered in the very bottom of the moat were dendrochronologically dated to “after 1298 AD” and within organic deposits of the moat fill - to the 14th century. The artefacts found within the moat’s fill are likewise not older than the 14th century. The ¹⁴C dates obtained from the very bottom of the moat fill are too old, as a result of the re-deposition of organic matter from older humic horizons and a cultural layer in the beginning of the moat’s existence. This also explains the spuriously old dates that were obtained previously from organic deposits from the hand-auger cores.

After a full excavation of the moat’s fills, a core of organic deposits was collected for detailed multiproxy palaeoecological analyses. Samples were also taken for both radiocarbon and dendrochronological dating. The samples of organic deposits from the moat were collected as a monolith into three metal boxes of dimensions of 50 × 10 × 5 cm. The material was taken so that the structure remained undisturbed. The core covers deposits between 32 and 136 cm below ground level. A wide range of multiproxy analyses were used to develop a detailed understanding of the history of the moat, based on the core of organic deposits. Successive samples of deposits were taken at 2 cm intervals in 1 cm slices for pollen, diatom and Cladocera analyses. Samples for sedimentological, geochemical, plant macrofossils (seeds, fruits, wood, and charcoal particles), Chironomidae, Coleoptera and other insect analyses were taken as contiguous 2 cm slices. In this way, the high-resolution analyses were performed.

RESULTS. In the initial phase, the moat was inhabited mainly by aquatic plants, such as *Potamogeton pusillus* and *P. natans*, while its boggy shores were covered by *Alnus glutinosa* and *Urtica dioica*. Moat sediments representing a later period included fruits of hemp (*Cannabis sativa*) and seeds of flax (*Linum usitatissimum*), indicating that the moat was also used as a retery. Remains of hemp and flax were accompanied by seeds of alder buckthorn (*Frangula alnus*). Seeds and bark of this shrub are commonly used for dyeing textiles. Remains of other plants that may have been gathered and used by humans, such as *Rubus idaeus*, were also identified. In the earlier period of the moat, there is clear evidence for the ongoing processes of shallowing and overgrowing of the basin, as reflected in the composition sub-fossil plant remains by the reduction of aquatic taxa, gradually replaced by swamp and boggy plants, such as *Carex pseudocyperus*, *Iris pseudoacorus* and *Menyanthes trifoliata*. The preliminary diatom analysis also indicates two stages of environmental development. The first phase includes a large amount of mostly eutrophic and benthic diatoms. The second phase, from within peat layer, is characterized by the disappearance of diatoms.

The vicinity was partly deforested at least since the construction of the moat. The area was used as meadows and farmland. According to the pollen record, patches of local woods, developed on moist habitats, were composed of alder (*Alnus*), willow (*Salix*), birch (*Betula*), poplar (*Populus*), and ash (*Fraxinus*). The drier grounds were suitable mostly for Scots pine (*Pinus sylvestris*), oak (*Quercus*), hornbeam (*Carpinus*) and hazel (*Corylus avellana*). Presence of *Triticum*-type, *Avena*-type, *Secale cereale*, *Cannabis/Humulus*, and *Fagopyrum* pollen, confirms their local cultivation. The decreasing frequency of cultivated taxa suggests that the intense agricultural activity seen at the beginning of the moat became weaker with time.

The preliminary analysis of Chironomidae subfossils indicates the presence of two general stages of moat habitat development. In the first stage, the abundance of midge larvae was high and dominated by limnetic taxa. This shows that the moat was permanently filled with shallow water at this time. Most of the taxa recorded in the first phase are associated with

small and medium-sized stagnant waters, but in addition to the limnetic taxa, there were small but consistent numbers of species associated with lowland streams and ditches. This may indicate an episodic connection of the moat to a channel or small floods. The quantitative reconstructions of the trophic status of the water (after Luoto, 2011 and Brooks et al., 2001) indicates eutrophic conditions becoming nearly hypertrophic in middle phase of moat. This is associated with an increase of taxa preferring solely organic substrates in the sediment. Besides bottom-dwellers, the second most important group are phytophilous taxa. They are not only abundant, but also diverse, including mining species, demonstrating the presence of macrophytes with thick stems and leaves. A few episodes show an increase in taxa associated with mineral substrates, which partially overlap with the increase in inorganic matter. A similar phenomenon was noted in the Cladocera assemblages. These observations are also confirmed by decreasing values of loss on ignition in the deposits. Stratigraphic changes in loss on ignition, mineral and calcium carbonate content are very closely connected with the lithology of the deposits. Based on lithostratigraphy, three organic-rich zones and three mineral-rich zones were distinguished in the profile. This supports a hypothesis of episodic in-wash of sediments from the moat banks. The limnetic phase ended abruptly and the moat environment was transformed into telmatic habitat where only single head capsules of terrestrial Chironomidae taxa were found.

Based on the series of radiocarbon dates, the depth/age model and the dendrochronological data and archaeological artefacts, we estimate the moat was established in the 14th century AD, most probably in the second half. The changes in deposition basin ecology – from partly open water with coarse-detritus gyttja to a swamp with peat sedimentation – took place most probably in the 2nd half of 16th century. More important changes of the depositional environment happened as late as the 19th century, when the accumulation of overbank silty and sandy organic mud was initiated within the moat ditch system. This shows that the valley floor was not flooded from the 14th to the 19th century, or the outer moat rampart collapsed, allowing water to flood the moat's ditch.

Acknowledgements

The research project has been financed by grants from The National Science Centre based on the decision No. “DEC-2013/11/B/HS3/03785” and from The Ministry of Culture and National Heritage on the decision No. 01619/13.

References

1. Brooks, S.J., Bennion, H., Birks, H.J.B., 2001. Tracing lake trophic history with a chironomid-total phosphorus inference model. *Freshwater Biology*, 46 (4), 513-533.
2. Chmielowska, A. 1966, Sprawozdanie z badań wczesnośredniowiecznego kompleksu osadniczego w Rozprze, *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologiczna*, 13, 249-265.
3. Chmielowska, A., 1982. Rozprza we wczesnym i późnym średniowieczu, *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi. Seria Archeologiczna*, 29, 159-206.
4. Kittel, P., Sikora J., Wroniecki, P., 2015. The morphology of the Luciąża River valley floor in the vicinity of the Rozprza medieval ring-fort in light of geophysical survey. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, 8, 95-106. doi:<http://dx.doi.org/10.2478/7033>.
5. Luoto, T.P. 2011. The relationship between water quality and chironomid distribution in Finland – A new assemblage-based tool for assessments of long-term nutrient dynamics. *Ecological Indicators*, 11, 255-262.
6. Sikora J., Kittel P. Wroniecki, P., 2015. From a point on the map to a shape in the landscape. Non-invasive verification of medieval ring-forts in Central Poland: Rozprza case study, *Archaeologia Polona*, 53, 510-514.



Photo. 1. View of the cross-section of the Rozprza ring-fort moat during collection of the organic deposits core (Photo by P. Kittel, 2015)

LAKES OF THE EASTERN PART OF THE LENINGRAD DISTRICT: PALEOLIMNOLOGICAL ASPECT

Nesterova L.A.

The Herzen State Pedagogical University of Russia Sciences

Landscape characteristics and their elements are products of previous epochs and natural and historical processes.

Lacustrine-boggy deposits are one of the informative components of the natural environment evolution. The development of the lake as a natural constituent of the hydrogenous genesis is substantially influenced by the terrestrial factors, in other words the lake is a part of the landscape. Such deposits contain the most complete and reliable information on physical and geographical conditions that existed not only in the very basins but as well on their watersheds.

ОЗЕРА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ: ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ.

Нестерова Л.А.

РГПУ им. А.И. Герцена / СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,

Многие особенности природно – территориальных комплексов, их компоненты являются продуктом прошлых эпох и прежних естественноисторических процессов.

Несмотря на то, что как этапы становления современной географической оболочки, все явления прошлого интересны, наибольшее внимание стоит уделить тем временным рубежам, события которых ярче всего заметны в современных ландшафтах и которые, в какой – то мере, могут явиться прообразом будущего. Конечно, это события четвертичного периода, где особенное внимание следует уделить времени позднеледниковье – голоцен.

Одним из информативных компонентов эволюции природной среды являются озёрно-болотные отложения. Озеро, являясь природным компонентом гидрогенного генезиса, развивается при значительном влиянии континентальных факторов, т.е. является составной частью ландшафта. Такие осадки содержат в себе наиболее полную и объективную информацию о физико-географических условиях, существовавших не только в самих водоемах, но и на территории их водосборов [1].

На востоке Ленинградской области озерный район простирается от Свири до бассейна Чагоды, однако, водоемы долгое время оставались за гранью научных интересов. Отчасти это связано с тем, что восточные районы наиболее удаленные, зачастую подъездов к озерам нет, а подходы затруднены.

При проведении лимнологических исследований (пик которых пришелся на 2008-2011 года) на данной территории, была предпринята попытка осветить пространственную организацию озер восточного озерного района Ленинградской области, уточнить вопросы происхождения озерных котловин и установить эволюционную ступень на которой находятся озера сегодня. Интерес представляют следующие задачи: установление точных координат местоположения озерных систем, уточнение количества озер и показателя озерности, морфометрические характеристики, среди которых, особое внимание следует уделить степени развития береговой линии, поскольку она зависит от уровня активности процесса ледниковой аккумуляции. Результатами будет дополнена база данных озер мира «WORLD LAKE» [3], а также база «Батиметрия естественных озер России» - (Eric Wienckowski (www.lakemaps.org/ru)), где формируется атлас батиметрических карт [4].

Полученные морфометрические данные обнаруживают преобладание очень маленьких озер, такие озера располагаются, как правило, внутри болотных массивов. Несмотря, на то, что ледниковые процессы являются ведущими в образовании озер на востоке Ленинградской области (как и на всем Северо-Западе), положение этих очень маленьких водоемов в генетическом классификационном ряду неясное. Скорее всего, это остатки более крупных озер, которые сегодня находятся на стадии превращения в болото.

Современные озера отражают только один из этапов их эволюции. Вопросы эволюции озерных ландшафтов неразрывно связаны с представлением об их возрасте,

изменениях, происходящих в них с увеличением возраста, длительности их эволюционирования и переходе в качественно иное состояние.

Начиная с 2010 года при составлении кадастрового учета озерных систем, формулируются и палеолимнологические цели. Так, на южном берегу Святозера в 10 м от уреза воды была заложена скважина глубиной 291 см и отобраны керны донных отложений общей мощностью 191 см. Святозеро — небольшой водоем с площадью зеркала воды 2,42 км² и максимальной глубиной 10,1 м (авторские данные). Озеро расположено в Бокситогорском районе на востоке Ленинградской области. Святозеро и прилегающая территория располагаются на границе Вепсовского и Судско-Чагодского ландшафтов. Из Святозера берет свое начало ручей, связывающий его с соседним быстро зарастающим Мохозером, которое, в свою очередь, посредством ручья также связывается с Мелгозером. Короткая протока соединяет Мелгозеро с Пелушским озером, из которого берет начало р. Лидь. Северные и восточные берега Святозера отличаются значительными высотами и крутизной склонов. На восточном берегу наблюдаются выходы карбонатных известняков и их осей с многочисленной фауной данного времени. Южный берег озера пологий, местами сильно заболоченный.

Палеолимнологические изыскания должны быть многоаспектными. Отложения озера Святозеро исследовались палинологическим, геохимическим (рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV») методами, определялся возраст донных осадков (на низкофоновом жидкостном сцинтилляционном счетчике Quantulus-1220). Результаты показали хорошую сопоставимость, что позволило установить приблизительное время начала активного торфонакопления в пределах границ озерной системы, которое пришлось на вторую половину атлантического периода не позднее (5430 ± 100 лет ВР) и ознаменовало максимум климатического оптимума голоцена [2].

Палеолимнологические интерпретации дают возможность обосновать типизационную схему озер ландшафтов зоны последнего оледенения, не только на основании точных морфометрических показателей, но (с использованием пространственно-временного подхода) объяснить их современные особенности исходя из естественно-исторических и антропогенных факторов развития.

Это должно являться предпосылкой рационального природопользования и основой прогнозирования их будущего развития.

Список литературы

1. Нестеров Е. М., Кулькова М. А., Егоров П. И., Морозов Д. А., Субетто Д. А., Шмитт Е. В. Геохимические критерии в оценке геоэкологической обстановки береговой зоны Финского залива // Вестник МАНЭБ. Серия «Геоэкология». 2011. Т. 15. № 5. С. 13–24.
2. Нестерова Л. А., Морозов Д. А., Малозёмова О. В. Палеогеохимические и палинологические реконструкции юго-восточного склона Вепсовской возвышенности // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена № 165. СПб 2014. С. 138-147
3. Рянжин С.В., Ульянова Т.Ю. 2000. Геоинформационная система для озер мира - ГИС "Озера Мира" (GIS WORLDLAKE), ДАН России, 370 (4): 542-545 с.
4. (www.lakemaps.org/ru)

INFLUENCE OF PALEO GEOGRAPHIC EVOLUTION OF THE BALTIC-WHITE SEA REGION ON THE MODERN SURFACE AND GROUNDWATER DURING THE LATE CENOZOIC

Borodulina G. S., Voronyuk G. Y., Krainiukova I. A., Rybakin V. N., Subetto D. A., Tokarev I. V.

The peculiarities of the White sea-Baltic basin are considerable climatic variations and sharp change of configuration and water level of paleobasins in the Pleistocene and Holocene. Study of the influence of the geographic and climatic evolution on the surface and groundwater is possible on the basis of integrated approach that includes the use of isotope ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) and chemical composition of natural waters and other characteristics (^3H , $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) required for groundwater dating. The paper considers examples of modern groundwater formed in area of Baltic shield and connected artesian basins involving paleowaters of Mikulin sea and proglacial lakes after the Valdai glaciation. Shown the active vertical mixing of water in the modern Onego and the Ladoga lakes and clearly expressed subaqueous discharge of groundwaters. Some relatively small rivers are regional drains for discharge of the deep groundwater of considerable age, due to local tectonic features.

ВЛИЯНИЕ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ БАЛТИЙСКО-БЕЛОМОРСКОГО РЕГИОНА В ПОЗДНЕМ КАЙНОЗОЕ НА СОВРЕМЕННЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

Бородулина Г.С., Воронюк Г.Ю., Крайнюкова И.А., Рыбакин В.Н., Субетто Д.А., Токарев И.В.

Особенностью Беломоро-Балтийского бассейна являются значительные климатические вариации и резкая смена конфигурации и уровней палеоводоемов в плейстоцене и голоцене. Морской бассейн, существовавший в период микулинского межледниковья от Балтики до Белого моря, в период валдайского оледенения был заполнен продвигавшимся к югу ледником, который подпрудил реки, озера и участки межледникового моря. При отступлении ледника образовывались приледниковые водоемы, история развития которых определялась стадиями отступления ледника, уровнями стока и тектоникой. Так Балтийское ледниковое озеро после прорыва перемычки в Швеции 10,2 тыс. лет назад соединилось с океаном, около 9,2 тыс. лет назад изолировалось от океана за счет гляциоизостатического поднятия Скандинавии, около 7,2 тыс. лет назад вновь соединилось с океаном в результате трансгрессии и тектонических движений и приняло современные очертания. Быстрые и масштабные регрессии Онежского приледникового озера происходили 11,3 и 10,3 тыс. лет назад, в ходе которых уровень падал на 20–25 м в течение нескольких лет.

Исследование влияния указанной эволюции географо-климатических условий на формирование облика поверхностных и подземных вод возможно на базе комплексного подхода, включающего применение изучения изотопного ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) и химического состава природных вод, а также других характеристик (^3H , $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$), необходимых для датирования подземных вод (Токарев, 2006).

В частности, система дейтерия ($\delta^2\text{H}$) и кислорода-18 ($\delta^{18}\text{O}$) позволяет исследовать климатические вариации и источники формирования природных вод, а также идентифицировать протекание вторичных процессов – испарения и замерзания. Изотопный состав урана ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) дает возможность подтвердить присутствие «возрожденных вод», сформированных в ходе таяния мерзлоты.

В работе рассмотрены примеры обнаружения в современных условиях подземных вод, сформировавшихся на окраинах Балтийского кристаллического массива и прилегающих артезианских бассейнов с участием вод микулинского моря и приледниковых водоемов. Показана хорошая «перемешанность» современных Ладожского и Онежского озер, а также четко выраженная на этом фоне субаквальная разгрузка подземных вод. Отдельные небольшие реки оказываются региональными дренами для разгрузки глубинных вод значительного возраста, что обусловлено спецификой тектонического строения фундамента.

Влияние морских трансгрессий. Месторождение йодных вод в Северодвинском артезианском бассейне – уникальное природное явление, поскольку на глубинах всего около 100 м в отложениях венда, перекрытых микулинскими глинами, обнаруживаются соленые хлоридно-натриевые воды с аномально высокими содержаниями йода (до 40 мг/л) и брома (до 60 мг/л). На площади аномалии распределение солености и концентраций йода по разрезу имеет инверсионный характер: от максимума в кровле венда до <0,1 мг/л на глубинах более 150 м. В пределах йодной аномалии воды характеризуются относительно тяжелым изотопным составом (от $\delta^2\text{H} = -38$ и $\delta^{18}\text{O} = -5,2$ ‰ до $\delta^2\text{H} = -69$ и $\delta^{18}\text{O} = -10,1$ ‰) в отличие от вод вне аномалии, имеющими существенно более легкий изотопный состав (от $\delta^2\text{H} = -96$ и $\delta^{18}\text{O} = -13,2$ ‰ до $\delta^2\text{H} = -115$ и $\delta^{18}\text{O} = -15,0$ ‰) и близкими к современным среднегодовым осадкам (Токарев, 2012). Эволюция наблюдаемого изотопного и гидрохимического профиля, скорее всего, включает три этапа: 1) захоронение вод микулинского моря; 2) оттеснение солей вниз по разрезу к подошве микулинского и в вендский комплекса вследствие «высаливания» при промораживании глин в валдайское похолодание; 3) сохранение реликтовой линзы в верхней, самой слабопроницаемой части вендского комплекса, при вымывании йода латеральным потоком подземных вод в более проницаемой части разреза.

Влияние промораживания в континентальных условиях. Месторождение железистых минеральных вод «Марциальные воды» расположено в западной части Онежской структуры и связано с обогащенными сульфидами сланцами нижнего протерозоя. Сравнение современного состояния месторождения с результатами более ранних исследований (Ресурсы..., 1987; Токарев и др., 2008; Токарев и др., 2015) показало значительное изменение изотопного состава воды во времени.

В 1979–80 гг. обнаруживалось сильное отклонение изотопного состава относительно локальной линии метеорных вод (ЛЛМВ): $\delta^2\text{H} \approx -110..-114$ ‰, $\delta^{18}\text{O} \approx -12..-13,1$ ‰. Расчет по (Marion et al., 1999) начального изотопного состава инфильтрационных вод дает ориентировочные оценки $\delta^2\text{H} \leq -120$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} \leq -16$ ‰. Из этой оценки следует, что эти инфильтрационные воды поступили в подземную гидросферу в период господства существенно более холодных климатических условий, чем в настоящее время. В 2005–2015 гг. состав марциальной воды уже соответствовал ЛЛМВ: $\delta^2\text{H} \approx -90..-110$ ‰, $\delta^{18}\text{O} \approx -12,5..-14,8$ ‰ и оказался только немного легче современных среднегодовых атмосферных осадков. Значительные изменения отмечены и в других изотопных системах: в ранних пробах имел место более легкий изотопный состав углерода и наблюдалось обогащение по урану-234 относительно равновесия. Содержания трития уменьшились вслед за снижением его содержаний в атмосферных осадках, концентрация гелия снизилась до фоновых. Следовательно, можно говорить о резком увеличении доли современных вод в формировании месторождения.

Заметное влияние промерзания геологического разреза на изотопный состав подземных вод обнаруживается и в других местах Карелии. Так для подземных вод повышенной минерализации хлоридно-натриевого состава получены существенно облегченные изотопные составы. Известно (Крицук, Поляков, 2005), что для холодных климатических условий со среднегодовой температурой ниже 0°C характерен изотопный состав подземных вод $\delta^2\text{H} < -110..-120$ и $\delta^{18}\text{O} < -13..-14$ ‰. В большинстве случаев хлоридно-натриевые подземные воды с легким изотопным составом, высоким содержанием накопленного радиогенного гелия (на 2–4 порядка выше равновесного с атмосферой), низким или нулевым содержанием трития, вероятнее всего, имеют значительный возраст и с точки зрения палеореконструкций климата свидетельствуют о связи с реликтовыми тальными водами.

По изотопному составу самых «легких» фракционированных относительно ЛЛМВ вод ($\delta^{18}\text{O} \approx -17,4$ и $\delta^2\text{H} \approx -132$ ‰), вскрытых скважиной на западном побережье Онежского озера, с учетом палеоклиматического градиента (-5 ‰/1°C для $\delta^2\text{H}$ и

-0,6‰/1 °C для $\delta^{18}\text{O}$) можно оценить палеотемпературные условия в области питания (Ферронский, Поляков, 1983). Среднегодовые температуры при формировании водоносной системы были ниже современных на 5–6°C. Такие температуры характеризуют климатический минимум валдайского оледенения. Вода скважины на Салминском массиве имеет легкий изотопный состав ($\delta^{18}\text{O} \approx -15,7$ ‰ и $\delta^2\text{H} < -124$ ‰) и существенное обогащение ураном-234 ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 6,6$) и обогащение растворенных газов гелием. Массив характеризуется слабой трещиноватостью, что, в целом, указывает на весьма низкие темпы водообмена и сохранение реликтовых вод.

Влияние приледниковых водоемов. Тенденция облегчения изотопного состава воды с глубиной обнаружена для ломоносовского горизонта южнее Финского залива. В районе г. Сосновый Бор, где этот горизонт выходит на поверхность, изотопный состав воды идентичен современным атмосферным осадкам. На водозаборе Иван-города подземные воды ломоносовского горизонта вскрыты на глубине около 90 м и оказались заметно облегченными по изотопному составу ($\delta^2\text{H} \approx -122$ и $\delta^{18}\text{O} \approx -17,1$ ‰) и не содержат трития. При движении на запад наблюдается экстремальное облегчение состава воды вплоть до величин $\delta^2\text{H} \approx -170$ ‰ и $\delta^{18}\text{O} \approx -22$ ‰ на Таллинском водозаборе (Raidla et al., 2009). Для этого участка надежно доказано, что воды ломоносовского горизонта представляют собой реликты воды Балтийского ледникового озера, существовавшего на месте Балтийского моря около 13 тыс. лет назад.

Современная разгрузка реликтовых подземных вод в озера и реки. Современный изотопный состав двух крупнейших водоемов региона – Ладожского и Онежского озер очень схож. Характерен довольно узкий диапазон вариаций изотопного состава воды: концентрация кислорода-18 колеблется от -11,5 ‰ до -9,3 ‰ и дейтерия от -85 ‰ до -71 ‰ (Румянцев и др., 2015). То есть, оба озера являются хорошо перемешанными водоемами, что отражает их димектический характер. Все пробы демонстрируют смещение вправо относительно ЛЛМВ, указывающее на изотопное фракционирование под влиянием испарения.

На фоне относительно стабильного изотопного состава в северной котловине Ладоги вблизи подводных обрывов, образованных рифейскими песчаниками, на глубинах 80–110 м, обнаруживаются аномалии с существенно более изотопически легкой водой. Эти аномалии интерпретированы как субаквальная разгрузка подземных вод из рифейских отложений, в которых на западном берегу Ладоги обнаружены воды с изотопным составом $\delta^2\text{H} \approx -119$ и $\delta^{18}\text{O} \approx -16,6$, то есть почти такие же легкие, как на водозаборе Иван-Города. Мониторингом 2013–2015 гг. обнаружено, что в р. Авлоге, протекающей вблизи северной границы Ладожского грабена, изотопный состав воды практически постоянен в течение всего года и существенно легче, чем в остальных 14 основных притоков Ладоги. Это обстоятельство интерпретировано как наличие современной разгрузки изотопически легких глубинных вод из рифейских отложений.

Указанные обстоятельства следует иметь в виду при интерпретации изотопных палеосигналов, извлекаемых из кернов озерных отложений.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00766).

Список литературы

1. Крицук Л.Н., Поляков В.А. Изотопный и химический состав подземных вод и природных вод Западной Сибири. М.: Геоинформмарк, 2005. 52 с.
2. Ресурсы и геохимия подземных вод Карелии /А.В. Иешина, И.К. Поленов и др. Петрозаводск: 1987. 151 с.
3. Румянцев В.А., Рыбакин В.Н., Токарев И.В. Исследование Ладожского озера и его притоков с помощью изотопных индикаторов. Сб. науч. трудов. Т.1. Всерос. Науч. конф. Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.» Петрозаводск. 2015. С. 468-472.

4. Токарев И.В., Бородулина Г.С., Каюкова Е.П., Поляков В.А., Варнакова Ю.В., Жданов С.В., Маркова Т.В. Исследование подземных вод в отдельных районах Карелии изотопно-геохимическими методами. Вестник Санкт-Петербургского университета, сер. 7 «Геология и география». 2008. Вып. 2, с. 25 – 36.
5. Токарев И.В., Бородулина Г.С., Авраменко И.А. Изучение формирования железистых минеральных вод по изотопным и гидрохимическим данным (курорт «Марциальные воды», Карелия). Геохимия. 2015, № 1. С.88–91.
6. Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы. М.: Наука. 1983. 277с.
7. Marion G.M., Farren R.E., Komrowski A.J. Alternative pathways for seawater freezing. Cold Regions Science and Technology. 1999, v. 29, p. 259–266.
8. Raidla V., Kirsimäe K., Vaikmäe, R., Jõelet A., Karro E., Marandi A., Savitskaja L. Geochemical evolution of groundwater in the Cambrian-Vendian aquifer system of the Baltic Basin // Chemical Geology. 2009. Vol. 258. P. 219–231.
9. Tokarev I.V., Zubkov A.A., Rumynin V.G., Polyakov V.A., Kuznetsov V.Yu., Maksimov F.E. Origin of high $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ratio in post-permafrost aquifers // In: “Uranium in the Environment (Mining Impact and Consequences)”. Merkel B.J. and Hasche_Berger A. edit., Springer. 2005. P. 854–863.

Section 2.

Evolution of the lake ecosystems of North Eurasia in geological past

Направление 2.

Эволюция озерных экосистем севера Евразии в геологическом прошлом

Oral section

Устные доклады

LIMNIC SEDIMENTATION IN THE VYCHEGDA RIVER VALLEY DURING THE HOLOCENE

Golubeva Yu.V., Buravskaya M.N.
Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The results of lithological and pollen study of buried oxbow-lakes sediments in the Vychegda river valley will be presented here. There are a lot of oxbow-lakes formed under conditions of intense meandering of the river bed during the Holocene. The alluvium facies of the oxbow-lakes sediments and vegetation and climate dynamics have been identified.

ОЗЕРНОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В ДОЛИНЕ Р. ВЫЧЕГДЫ В ГОЛОЦЕНЕ

Голубева Ю.В., Буравская М.Н.
Институт геологии Коми НЦ УрО РАН

Вычегда – река на севере европейской части России, правый, самый крупный приток Северной Двины. Её долина расположена в южной части Мезенско-Вычегодской равнины и выработана в основном в водно-ледниковых и озерных отложениях, что способствовало свободному меандрированию и образованию озер старичного типа. Следует отметить, что в истории долины, на участках верхнего и среднего течений реки, происходила неоднократная смена условий развития русла, вызванная изменением водности потока (Чернов, 2015). В раннеатлантическое время, в обстановке повышенной (по сравнению с современной) водности реки во время половодий, формировались крупные пологие излучины. В позднем атлантике коэффициент стока снизился, что

привело к развитию крутых петлеобразных излучин. Русло реки в середине суббореала вновь стало более пологим с большим радиусом меандрирования. Максимальной извилистостью русло Вычегды отличалось в позднем суббореале, развивались крутые излучины с небольшим шагом меандрирования. В раннесубатлантическое время произошло их спрямление, возникли новые протоки, что связано с очередным увеличением водности реки, которое соответствует и современному руслу с большими размерами меандров, по сравнению с предыдущим этапом. В течение голоцена в связи с неоднократной сменой положения русла по дну долины река сформировала широкую сегментно-гравистую пойму, поверхность которой в настоящее время представлена большим количеством разновозрастных крутых петлеобразных изогнутых ложбин и старичных водоемов.

По данным палинологических исследований разрезов старичных отложений в среднем течении Вычегды, реконструированы ландшафтно-климатические условия на протяжении вышеуказанных этапов развития долины (Никифорова, 1980; Марченко-Вагапова, Мариева, 2001; Голубева, 2010). В середине атлантического периода произрастали елово-березовые леса среднетаежного типа. Среднемесячная температура июля составляла около 15,5-17°C, среднегодовая температура – в пределах минус 0,5-1°C. В позднем атлантике среднетаежные леса сменились южнотаежными. Заметное распространение получили широколиственные породы (дуб, вяз, орешник). Последняя треть атлантического периода характеризовалась наиболее высокими температурами июля и года, которые на исследуемой территории превышали современные температурные показатели на 2-3°C и 2-3,5°C соответственно. В раннесуббореальное время господствовали березово-еловые леса, из них постепенно исчезали широколиственные породы, и сокращалась роль еловых лесов. Раннесуббореальные спектры указывают на значительное похолодание климата, которое отразилось в понижении температур июля на 0,5°C и года – на 0,5-1°C. Среднесуббореальное потепление способствовало повторному развитию южнотаежных еловых лесов с участием *Ulmus* sp., *Tilia* sp. и *Quercus* sp. Средняя температура июля составляла около 17-18°C, что на 1,5-2°C выше чем в настоящее время. Значения среднегодовых температур превышали современные на 1,5-2,5°C. В позднем суббореале в составе лесов уменьшилось участие широколиственных пород, кедра и пихты. Летние и среднегодовые температуры по сравнению со средним суббореалом понизились на 1,5-2°C. В течение субатлантического периода получили развитие елово-березовые и березовые леса, а температурные значения приблизились к современным.

Образовавшееся при прорыве шейки меандра старичное озеро постепенно зарастает. В истории его развития выделяются проточная, озерная и болотная стадии, от условий которых зависит аккумуляция песчаного и тонкодисперсного материала и формирование старичной фации. В долине р. Вычегды мощность старичного аллювия не превышает 4-5 м. В обнажениях осадки представляют собой четко оформленные линзы, которые довольно ясно отграничены от русловых песков и постепенно переходят в пойменные отложения. В проточную стадию накапливалась озерно-речная субфация, представленная песком мелкозернистым, серым с прослоями алеврита и глины, обуславливающими горизонтальную слоистость сезонно-ритмичного характера. Осадки различной степени сортированности (0,26-0,85). Высокий коэффициент сортировки (S_c) характерен для песков. Средний диаметр частиц отложений озерно-речной субфации равен 0,097 мм (см. таблицу). Озерная и болотная стадии связаны в основном с аккумуляцией тонкодисперсного материала озерно-болотной субфации в застойном озерном водоеме. Субфация сложена вязкими, оглеенными, темно-серыми и зеленоватыми алевритами и глинами, позже перекрытые торфом. Отложения низкой степени сортированности материала ($S_c = 0,27$), средний диаметр равен 0,02 мм.

Характерной особенностью минерального состава старичной фации р. Вычегды является максимальное, по сравнению с русловой и пойменной фациями, содержание

эпидота, ильменита, гематита, пирита и лейкоксена. Концентрация граната, циркона и рутила, напротив, минимальная (Андреичева и др., 2015). В старичных осадках доминируют минералы с незначительным удельным весом, которые способны находиться в речном потоке во взвешенном состоянии и откладываться в спокойной седиментационной обстановке.

Таким образом, в долине верхнего и среднего течений р. Вычегды в результате свободного её меандрирования в течение голоцена сформировалось большое количество старичных озер, причем большинство из них образовалось при спрямлении крутых петлеобразных излучин в период повышения водности реки в середине суббореала и раннем субатлантике. Аккумуляция озерных осадков протекала в условиях проточной, озерной и болотной стадий развития старицы при которых сформировались озерно-речная и озерно-болотная субфации.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-41 «Квартер Арктических районов Европейского Северо-Востока России: седиментогенез, стратиграфия, палеогеография, полезные ископаемые».

Список литературы

1. Андреичева Л.Н., Марченко-Вагапова Т.И., Буравская М.Н., Голубева Ю.В. Природная среда неоплейстоцена и голоцена на Европейском Северо-Востоке России. М.: ГЕОС, 2015. 224 с.
2. Голубева Ю.В. Палеогеография и палеоклимат позднеледниковья и голоцена в северной и средней подзонах тайги Тимано-Печоро-Вычегодского региона (по палинологическим данным): Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Сыктывкар, 2010, 19 с.
3. Марченко-Вагапова Т.И., Мариева Н.А. Палинологическая и диатомовая характеристики природной среды в голоцене района средней Вычегды // Вестник Института геологии. Сыктывкар: Геопринт, 2001. № 10. С. 6–9.
4. Никифорова Л.Д. Изменение природной среды в голоцене на северо-востоке Европейской части СССР: Автореф. дис.... канд. геогр. наук. М., 1980, 25 с.
5. Чернов А.В., Н.Е. Зарецкая, А.В. Панин Эволюция и динамика верхней и средней Вычегды в голоцене // Известия Русского географического общества. 2015. Т. 147, №5. С. 27-49.

EVOLUTION OF LATE WEICHSELIAN LAKES IN NORTHWEST RUSSIA

A. Gorchach^{1,2}, T. Hang¹, V. Kalm¹

¹ Institute of Ecology and Earth Science, University of Tartu

² Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of RAS

At southeastern flank of the Late Weichselian Scandinavian Ice Sheet (SIS) topographical conditions predestined the formation of vast meltwater bodies dammed by ice margin. Reconstructing ice lake histories in that area has considerable importance for understanding deglacial meltwater budget, the role of meltwater reservoirs on regional melting rate and sedimentation processes and in general the contribution of ice sheets to the sea-level rise in response to past climate warming.

Glacier pressure on underlying rocks resulted in significant glacioisostatic adjustment, which certainly displayed an important role in the development of glacial lakes during deglaciation. To simulate the glacioisostatic tilting our modelling approach used a simplified and extrapolated geophysical model from Lambeck and Purcell (2003) as this model has shown

good results in areas with poor geological or geodetic data and coincides well with the local tilting estimations made in the study area [Демидов, 2006; Rosentau et al., 2007].

The study area covers northwestern Russia and northern Belarus where active ice streams of Karelian ice stream complex [Boulton et al., 2001; Kalm, 2012] and a smaller Peipsi ice stream operated during the Late Weichselian time. We restricted the modelling area considering the mapped ice limits to be isochronous. Proglacial ice-lake configuration and bathymetry was modelled for 7 time slices between 19.0 and 13.8 ka BP using most detailed ice margin location [Kalm, 2012] updated in northeastern part of study area [Демидов, 2005] and latest investigations of chronology [Stroeven et al., 2015].

Topography at the time being modelled was reconstructed using GIS techniques, where the interpolated surfaces indicating glacioisostatic tilting were removed from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and from GTOPO30 data. Relative spatial resolution (~30 m for SRTM and ~900 m for GTOPO30) of the digital elevation model (DEM) proved to be reasonable for mapping critical thresholds in order to determine negative landforms, which could potentially hold a glacial lake. We did not consider the impact of erosion and deposition synchronously or subsequent to the time being modelled.

Where possible the lake ID follows Kvasov (1975) otherwise local geographical names have been used. In sum, our modelling results are consistent with previous ice-lake reconstructions [Квасов, 1975; Pavlovskaya, 1999; Rosentau et al., 2004; Демидов, 2004; 2005, 2006; Карпухина, 2013] in the study area.

Modelling shows that the total ice lake volume in the study area was lowest (300 km³) during the LGM when the ice sheet reached the Baltic basin watershed at most areas. At that time a series of small scale ice-lakes existed in proximal part of the uplands was drained off the outermost glacial limit towards the basins of the Black and the Caspian Seas.

Computed ice lake area and volume of ~51000 km² and ~2000 km³, respectively, was the biggest during the high stand (110 m) of the Privalday Lake. But it should be mentioned that given characteristics rather underestimate the real lateral dimensions and volume of ice lakes as the modeling was based on mapping critical thresholds and filling the depressions potentially being able to hold meltwater bodies and no erosion at the thresholds was considered.

Our modeling approach supports the conclusion about somewhat earlier existence of Polotsk Ice Lake maximum phase in northern Belarus and westward rerouting of glacier meltwater already around 17.5 ka BP which is some 1.5 ka earlier than hitherto supposed. Meltwater drainage from ice-dammed lakes existed onto slopes of Valdai heights and further north at that time lasted into Caspian basin. Reorienting of drainage from these lakes to Baltic basin have occurred ~15 ka BP.

Ensuing the LGM gradual degradation of the glacier released the lowlands and promote the formation of large ice-dammed lakes there. Inconsistent opening of lower located thresholds in cases led to rapid decrease of lake levels and discharge of huge volumes of meltwater. This was the reason of intense erosion of drainage channels and the subsequent reduction of the lake levels. Most prominent example of it is Privalday Ice Lake – the biggest proglacial lake which existed in the study area. At 14.6-14.4 ka BP Privalday Lake drained to the west towards the early Baltic Ice Lake (BIL). Released ca 1500 km³ of water roughly estimates about 20% of early BIL water volume. Such an amount of additional water was likely to have drained through the Öresund threshold area between BIL and the sea and as that was a part of the SIS meltwater contribution to the corresponding Meltwater Pulse (MWP) 1A event.

Range of calculated ice recession rate in the study area is changing between 40 and 220 m/yr correlating well with earlier calculations [Boulton *et al.* 2001; Lunkka *et al.* 2001; Lasberg and Kalm 2013; Stroeven *et al.* 2015]. The lowest ice recession rate as well as the rate of areal loss of the glacier correlate well with the Heinrich Stadial 1 (HS1) cold event at around 17.5–16 ka BP and the max recession rate largely correlates with the onset of Bölling (GI 1e) warming. But caution must be exercised while drawing further correlations with climate

fluctuations because of destructive role of vast ice lakes as was demonstrated by locally highly variegating rate of ice recession.

Multiple factors differently affected GIS-based palaeoreconstructions. Thus currently used glacioisostatic tilting effect shows insignificant changes in lake parameters compared to modelling with horizontal water table. At the same time our modeling approach demonstrates to be very sensitive to the (local) ice margin location as small changes in its configuration could open or close the critical drainage thresholds. It is difficult to estimate the uncertainties in ice margin locations as reconstructions are based on a range of geomorphological and chronological data with highly different characteristics and potential errors. Another important factor is simplification of glacier degradation process by considering ice limits as time synchronous and by focusing on limits of active glacier and neglecting the areas of dead ice distribution. Glacier retreat chronology and especially synchronicity of behaviour between different ice tongues could have impact on order of transformation of fluvial network and related processes.

Overall, the modelling of deglacial events and palaeohydrology of SIS has been demonstrated to work on large reservoirs while the existence and dimensions of smaller meltwater bodies need further local and regional studies.

Acknowledgements

Financial support for this investigation was received from ESF DoRa Programme, Estonian Science Foundation Grant 9107 and Russian Science Foundation Grant 14-07-00766.

References

1. Демидов И.Н. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2004. Вып. 7. С. 207–218.
2. Демидов И.Н. Деграция поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2005. Вып. 8. С. 134–142.
3. Демидов И.Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2006. Вып. 9. С. 171–182.
4. Карпухина Н.В. Особенности деграции осташковского ледникового покрова в пределах Чудско-Псковской низменности // Геоморфология. 2013. Вып. 4. С. 38–47.
5. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей восточной Европы / Л: Наука, 1975. 278 с.
6. Boulton G.S., Dongelmans P., Punkari M., Broadgate M. Palaeoglaciology of an ice sheet through a glacial cycle: the European ice sheet through the Weichselian // Quaternary Science Reviews. 2001. Vol. 20. P. 591–625.
7. Kalm V. Ice-flow pattern and extent of the last Scandinavian Ice Sheet southeast of the Baltic Sea // Quaternary Science Reviews. 2012. Vol. 44. P. 51–59.
8. Lambeck K., Purcell A. Glacial Rebound and Crustal Stress in Finland / Olkiluoto POSIVA OY 2003-10. P. 1–84.
9. Lasberg K., Kalm V. Chronology of Late Weichselian glaciation in the western part of the East European Plain // Boreas. 2013. Vol. 42. P. 995–1007.
10. Lunkka J.P., Saarnisto M., Gey V., Demidov I. Extent and age of the Last Glacial Maximum in the southeastern sector of Scandinavian Ice Sheet // Global and Planetary Change. 2001. Vol. 31. P. 407–425.
11. Pavlovskaya I.E. Glacioisostasy in northern Belarus: evidence and events // Geological Quarterly. 1999. Vol. 43(2). P. 169–175.
12. Rosentau A., Hang T., Miidel A. Simulation of the shorelines of glacial Lake Peipsi in Eastern Estonia during the Late Weichselian // Geological Quarterly. 2004. Vol. 4. P. 13–21.

13. Rosentau A., Hang T., Kalm V. Water-level changes and palaeogeography of proglacial lakes in eastern Estonia: synthesis of data from the Saadjärve Drumlin Field area // *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2007. Vol. 56. P. 85–100.
14. Stroeven A.P., Hättestrand C., Kleman J., Heyman J., Fabel D., Fredin O., Goodfellow B.W., Harbor J.M., Jansen J.D., Olsen L., Caffee M.W., Fink D., Lundqvist J., Rosqvist G.C., Strömberg B., Jansson K.N. Deglaciation of Fennoscandia // *Quaternary Science Reviews*, 2015. doi:10.1016/j.quascirev.2015.09.016.

THE DYNAMIC OF THE HYDROGRAPHIC NET OF VISHTYNETS HIGHLAND (KALININGRAD DISTRICT) DURING LATE NEO PLEISTOCENE AND EARLY HOLOCENE.

I.A. Kublitskiy¹, G.S. Kharin², D.A. Subetto^{1,3}, Kh.A. Arslanov⁴

¹ Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia;

² Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology;

³ Northern Water Problems Institute, KarRC, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia;

⁴ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

This article presents the reconstruction of the history of lakes, located on the Vistytis hills and sedimentation processes. For the reconstruction it was used a digital elevation model and results of lithological analysis and radiocarbon dating of bottom sediments of lakes Chistoe, Protochnoe, Kamishovoe and the peat-bog Shombrukh. Lake Kamishovoe (192 a.s.l.) and Chistoe (207 a.s.l.) formed at intermoraine or interkame depressions as a result of flooding of melt water. Swamp Shombruh (187 a.s.l.) in the Late Pleistocene, most likely belonged to the basin Vishtynetskoe glacial lake and 9774 cal. BP by reducing the level of water formed like a swamp. Protochnoe Lake (153 a.s.l.), located in the paleostream valley, formed as a result of thermokarst processes.

ДИНАМИКА ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ВИШТЫНЕЦКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ) НА РУБЕЖЕ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА.

Ю.А. Кублицкий¹, Г.С. Харин², Д.А. Субетто^{1,3}, Х.А. Арсланов⁴

¹ РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург;

² Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

³ Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск;

⁴ СПбГУ, Санкт-Петербург

Изучение изменений природных обстановок прошлого в настоящее время является актуальным, поскольку знания о том, как будут трансформироваться те или иные геосистемы могут быть получены только в результате исследования их изменений в прошлом. Данные о литологическом строении донных отложений озер позволяют выполнять палеогеографические реконструкции, а также изучать процессы седиментогенеза и изменения гидрологических режимов водных объектов в прошлом. В исследовании палеогеографии региона особое место занимает территория Виштынецкой холмисто-моренной гряды, как наиболее слабо изученной. Для реконструкции процессов осадконакопления были выбраны озера и болото, расположенные на разных гипсометрических уровнях.

Методы исследования включали полевые работы (пробоотбор) и лабораторные анализы (радиоуглеродный, ППП, литологический). Для определения типа донных отложений была применена классификация по содержанию органического вещества: при ППП менее 2% - глина, 2-6% гиттиевая глина, 6-20% глинистая гиттия и более 20% - гиттия (Miettinen et al., 2007). Цифровая модель рельефа создана с использованием программ Global Mapper 16 и Golden Software Surfer 13.

Результаты исследования отображены на рис. 1. (Кублицкий и др., 2016).

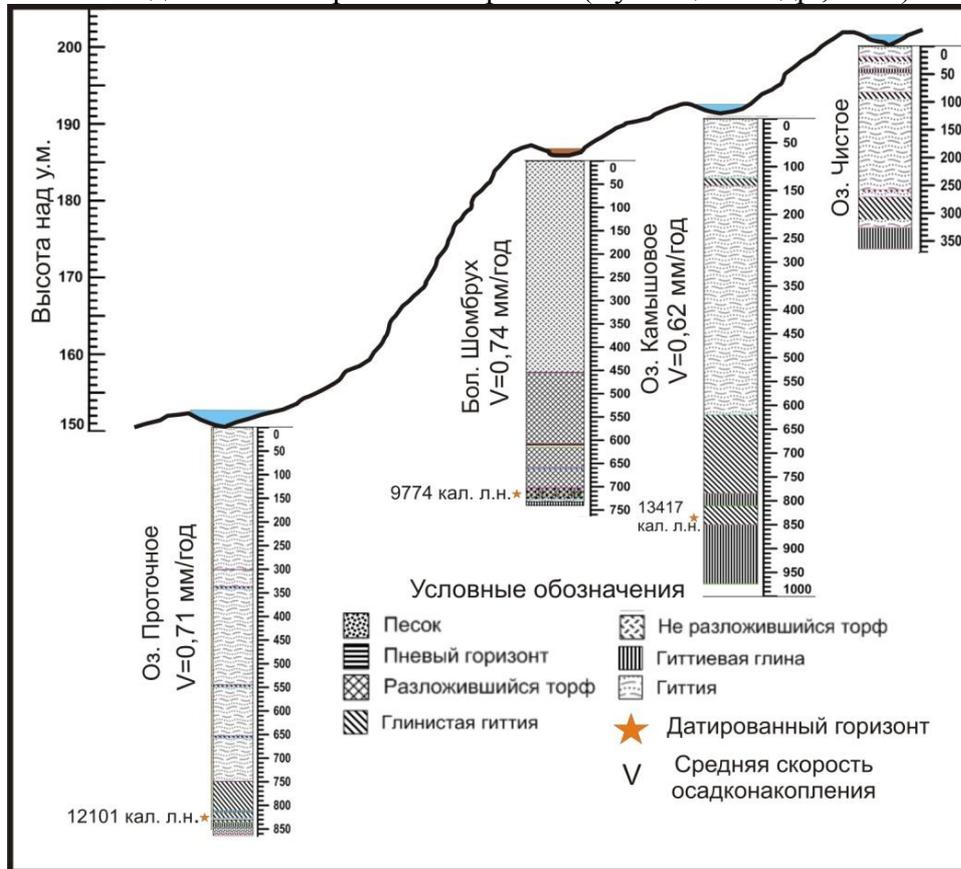


Рис. 1. Результаты исследования

Обсуждение результатов. Исследуемые объекты находятся на разных гипсометрических уровнях в непосредственной близости друг от друга. Расстояние между наиболее удаленными объектами (оз. Проточное и оз. Чистое) не превышает 8 км. Тем не менее, нижние части разрезов донных отложений различаются между собой, что говорит о различии в их формировании. Озера Камышовое и Чистое, расположенные на высоких гипсометрических отметках 192 и 207 соответственно, имеют схожее строение: нижняя часть кернов донных отложений представлена серой гиттиевой глиной, с темно-бурым прослоем гиттии на глубинах 1060-1064 см (оз. Камышовое) и 689-704 см (оз. Чистое). Данный прослой гиттии имеет возраст 13714 кал. л.н. и его формирование соотносится с потеплением аллерёда (Кублицкий и др., 2014a; Druzhinina et al., 2015), из чего следует, что озера сформировались раньше 14000 л.н., т.е. в раннем дриасе. Исследуемая территория освободилась ото льда порядка 16,5 тыс. кал. л.н. (Hughes et al., 2016), что позволяет предположить, что начало седиментации началось в период 16,5-14 тыс. л.н. Озеро Камышовое и озеро Чистое образовались после отступления ледника в понижения моренных гряд, с момента их возникновения и до наступления аллередского потепления в озерах преобладал аллохтонный тип седиментации, для которого характерно преобладание минерагенного осадконакопления над органогенным в условиях холодного климата и перигляциальной растительности. С наступлением аллереда происходит изменение в строении донных отложений с гиттиевой глины на

гиттию, что связано с увеличением роли органического вещества в формировании донных отложений. Формирование отложений с большим содержанием органического вещества связывают с улучшениями климатических обстановок. Около 12700 кал. л.н. происходит смена в строении отложений с более органогенной гиттии на более минеральную гиттию, что говорит об усилении роли аллохтонного вещества в процессе осадконакопления, связанного с похолоданием позднего дриаса. В начале голоцена (11700-11000 кал. л.н.) в составе донных отложений начинает увеличиваться доля органического вещества и с бореального периода накапливаются преимущественно гиттии. (Кублицкий и др., 2014а; Druzhinina et al., 2015)

Болото Шомбрух расположено в 2 км к западу от оз. Виштынецкое, на высоте 180 м над у.м. Нижняя часть разреза донных отложений болота Шомбрух представлена глиной, что говорит о принадлежности исследуемой котловины к озерно-ледниковому бассейну в позднеледниковье. Учитывая тот факт, что во время формирования глины гипсометрический уровень болота был на 7-8 м ниже современного (если вычесть мощность торфа, накопленного в голоцене), то можно предположить, что котловина болота могла быть затоплена водами пра-Виштынецкого озера, гипсометрический уровень которого в настоящий момент составляет 172 м над у.м. (Виштынецкое..., 2001), а во время позднеледниковья мог его превышать и достигать отметки более 180 м. Уровень воды Виштынецкого озера мог понизиться около 11690 кал.л.н. во время спуска Балтийского ледникового озера, после чего в уже изолированном небольшом озерце начали формироваться гиттии и торф. Прослой песка, залегающий на гиттиях и встречающийся также в нижних торфяных горизонтах, связан с этапами процесса дренирования и изоляции котловины болота от вод Виштынецкого озера. Выше прослоя песка по разрезу залегают семиметровая толща торфа, выходящая на дневную поверхность, сформировавшаяся за последние 9500 л.н.

Озеро Проточное расположено на высоте 153 м над у.м. Отложения нижней части разреза представлены торфом, залегающим на песках с гравием, размерность которого увеличивается с глубиной (Кублицкий и др., 2014б). Подобная стратиграфия позволяет предположить, что объект образовался в результате таяния погребенного льда - подобный генезис озер распространен для рассматриваемого региона (Napelka et al., 2013). Для рассмотрения второго сценария была создана цифровая модель рельефа, анализ которой позволяет предположить, что депрессия, расположенная южнее озера могла быть занята мертвым льдом. Потоки талой воды протекали в северном направлении как раз через котловину озера, так как таяние льда идет от периферии к центру, а озеро расположено как раз на периферии, то можно предположить, что песок с гравием, вскрытый нами, представляет собой аллювиальные отложения. После того, как мертвый лед растаял окончательно, начался постепенный процесс таяния погребенного льда, первая фаза которого обусловила формирование и заболачивание котловины озера около 12101 кал. л.н. (10300 C¹⁴ л.н.), то есть на рубеже позднего плейстоцена и голоцена. Зная, что мощность торфа составляет всего 15 см, можно предположить, что болото существовала не продолжительное время – приблизительно, не более 50-100 лет. По мере таяния погребенного льда увеличивается глубина водоема, в результате чего происходит смена болотного типа осадконакопления на озерный.

Исследования проводятся при финансовой поддержке РФФИ Мол_нр 15-35-50721; РГО-РФФИ 13-05-41457.

Список литературы

1. Виштынецкое озеро: природа, история, экология / Орленок В.В., Барина Г.М., Кучерявый П.П., Ульяшев Г.Л. – Калининград: Изд-во КГУ, 2001. - 212 с.
2. Кублицкий Ю.А., Субетто Д.А., Дружинина О.А., Арсланов Х.А., Сходнов И.Н. Палеоклиматическая реконструкция изменений природно-климатических обстановок в конце плейстоцена и голоцене в Юго-Восточной части Балтийского региона по данным

- литологического анализа и динамике потерь при прокаливании. С.Пб.: Астерион // Общество. Среда. Развитие. – 2014. – No 2 (31). – 179-184 с.
3. Кублицкий Ю.А., Субетто Д.А., Дружинина О.А., Мастерова Н.Н., Сходнов И.Н. Реконструкция природно-климатических изменений в Юго-Восточной части Балтийского региона в голоцене по результатам исследования донных отложений озера Проточного (Калининградская область). Электронный журнал Open Bull (Open Scientific Bulletin). – 2014. – №2
 4. Кублицкий Ю.А., Харин Г.С., Субетто Д.А., Арсланов Х. А. Реконструкция формирования озер и болот Виштынецкой возвышенности (Калининградская область) и их седиментационных процессов. С.Пб.: Астерион // Общество. Среда. Развитие. – 2016. – No 1 (38). – 100-106 с.
 5. Druzhinina, O., Subetto, D., Stančikaitė, M., Vaikutienė, G., Kublitsky, J., Arslanov, Kh., 2015. Sediment record from the Kamyshovoe Lake : history of vegetation during late Pleistocene and early Holocene (Kaliningrad District, Russia). Baltica. – Vilnius, 2015. – № 28 (2). –pp. 121-134.
 6. Hughes, A. L. C., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø. S., Mangerud, J., Svendsen, J. I. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. Boreas. – Stockholm, 2016. – № 45. – pp. 1–45.
 7. Miettinen A., Savelieva L., Subetto D., Dzhinoridze R., Arslanov Kh., and Hyvarinen H. Palaeoenvironment of the Karelian Isthmus, the easternmost part of the Gulf of Finland, during the Litorina Sea stage of the Baltic Sea history. Boreas. – Oslo, 2007. – pp. 1 – 18.
 8. Nalepka D., Jurochnik A. Late Glacial and Holocene plant cover in Węgliny, Lubsza Plain, south-west Poland, based on pollen analysis. Acta Palaeobotanica. – Krakow, 2013. – pp. 191-233.

THE HISTORY OF SMALL LAKES OF THE CENTRAL PART OF THE PSKOV LOWLAND

Karpuhina N.V. *, Konstantinov E.A. *, Kurbanov R.N. *, Dergach A.A. **
*Institute of Geography RAS, **Lomonosov Moscow State University

The geological and geomorphological structure of small lakes of the central part of the Pskov lowland was studied on data from boreholes. We were investigated four lakes (Gorodischenskoe, Belaya Struga, Bolshoe, Chernoe). Genesis of lake basins, the sedimentation rates and Late Pleistocene - Holocene water-level changes were reconstructed on the basis of the sediment stratigraphy by radiocarbon and geochemistry methods.

It was found that all lake basins of glacial origin but have a different mechanism of formation (kettle - Chernoe; relicts of the ancient lake - Belaya Struga, Bolshoe; relict-dam lake - Gorodischenskoe). The formation of two last types of lake basins was in the Bølling. Mineral matter was accumulated into basins and its rates were low. At the Allerød the water-level of such lakes dropped and lake basins exposed swamping processes. The development of kettle basins was connected with the melting of buried ice blocks (Allerød to Boreal). At the beginning of Holocene (Preboreal, Boreal) the water level all lakes rose, the sedimentation rate increased and organogenic matter prevailed.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ОЗЕР ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПСКОВСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Карпухина Н.В. *, Константинов Е.А. *, Курбанов Р.Н. *, Деркач А.А. **
*Институт географии РАН, Москва, natalia_karpukhina@mail.ru
**МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва

В пределах центральной части Псковской области, охватывающей около 5 тыс. км², находится более 150 малых озер. Возраст этих озер определяется временем дегляциации исследуемой территории - 15,7 - 15,0 кал. т.л.н. (Kalm et al., 2012; Карпухина, 2013), а также вытаяванием мертвого и погребенного льда.

Изучение истории малых озер Псковской низменности представляет особую актуальность для данного региона, в связи с ее слабой изученностью. Исследования Псковских озер затрагивали, главным образом, вопросы их морфологии, морфометрии, ихтиофауны, реже гидрологии. Единственным автором, занимавшимся изучением истории озер был В.К. Лесненко (Лесненко, 1988 и др.). Но, и в его трудах, отсутствуют данные по абсолютному датированию органогенных отложений, что существенно снижает достоверность полученных результатов. Таким образом, степень изученности вопроса остается крайне низкой по сравнению с прилегающими территориями как Российской Федерации (История озёр..., 1992; 1998), так и Эстонии (История озёр..., 1992; 1998; Saarse, 1990; Kihno, 2011 и др.). Результаты настоящего исследования позволяют определить время и причины образования озерных котловин, проследить изменения гидрологического режима, а также получить первые сведения об эволюции озерного осадконакопления в центральной части низменности.

В ходе исследования нами было выбрано четыре озера (Городищенское, Черное, Белая Струга, Большое), расположенные в центральной части Псковской низменности. В ходе геолого-геоморфологического исследования озер было установлено, что они имеют разный механизм образования озерных котловин.

В течение полевого этапа работ было произведено бурение донных отложений озер. Работы по бурению осуществлялись в зимний период с поверхности льда. Бурение предварялось промерами глубин озера по заранее намеченным профилям с шагом в 50 м. С целью получения максимально полной и нетурбированной колонки озерных осадков для бурения выбирался участок озерного дна, имеющий наибольшую глубину и значительное удаление от берегов.

К настоящему моменту уже выполнены валовой химический анализ отложений и радиоуглеродный анализ, что позволило в каждом из озер выделить местные стратиграфические горизонты. Из всех колонок озерных отложений сцинтилляционным методом получены радиоуглеродные даты по общему органическому углероду. На основании ¹⁴C датировок были построены модели осадконакопления в озерах, прежде всего, дающие информацию о скоростях заполнения озерных котловин.

Результаты исследования озер в центральной части Псковской низменности показали, что озера здесь ледникового происхождения, но встречаются и смешенного (реликтово-подпрудного). Авторам удалось исследовать наиболее распространенные генетические типы ледниковых озер (Асеев, 1974) в пределах центральной части Псковской низменности: реликтовые (Белая Струга, Большое), просадочно-гляциокарстовые (Черное), реликтово-подпрудные (Городищенское озеро).

Генетические особенности формирования котловин отразились и на времени заложения озерных котловин. Начало формирования котловин реликтовых (остаточных) озер (Белая Струга, Большое) соотносится с началом беллинга и приурочено ко времени деградации Псковско-великорецкой лопасти Чудского потока поздневадайского оледенения. В это время вдоль бровки активного ледника примыкают обширные приледниковые водоемы, уровень которых понижается в процессе миграции края ледника на север. После отступления ледника и ликвидации приледниковых водоемов в понижениях рельефа центральной части низменности сохранились мелководные реликтовые (остаточные) водоемы. В таких озерах вплоть до аллереда откладывался минеральный материал, приносимый за счет размыва берегов и активных процессов делювиального смыва на водосборах. Скорость седиментации в это время была низкая. К началу аллереда уровень этих озер существенно понижается, и они подвергаются

процессам заболачивания. С начала голоцена, в связи с нарастающей степенью увлажнения, уровень воды повышается и начинается переход от минерального к органогенному осадконакоплению. Скорости седиментации существенно возрастают, в результате чего озерные котловины быстро заполняются осадками. В зависимости от того какой тип осадконакопления преобладает в водоеме (органогенный или минеральный) зависят процессы развития озера. Если органогенный, то котловина быстро заполняется осадками, озеро мелеет и заболачивается. Примером может стать озеро Большое, современная котловина которого в десятки раз меньше ее первичной котловины. В озерах, где минеральная составляющая превалирует, скорости осадконакопления также высокие, но тенденции к сокращению акватории водоема не наблюдается (озеро Белая Струга) вследствие значительной первичной глубины озерной котловины. Важно отметить, что реликтовые озера доминируют в центральной части Псковской низменности.

В пределах зандровых равнин, которые приурочены к западным и восточным бортам Псковской низменности широко распространены озера просадочно-гляциокарстового типа. Предпосылки для образования таких озерных котловин были созданы в момент деградации ледника лужской стадии, во время формирования зандровой равнины и погребения отдельных глыб мертвого льда в толще флювиогляциальных отложений. В позднеледниковье, в условиях сухого и холодного климата глыбы льда находились в законсервированном состоянии, но в аллереде, когда климат стал теплее и влажнее, начались процессы протаивания погребенных глыб льда. Согласно полученным нами данным, окончательное вытаявание погребенного льда в пределах района исследования происходит к бореалу. Вместе с тем, с момента таяния глыбы начинается процесс осадконакопления в озере. Как и в описанных выше реликтовых водоемах первоначально лидирует минеральный тип осадконакопления. Привнос материала осуществляется, главным образом, за счет вытаявшей абляционной морены. Начиная с голоцена скорости седиментации увеличиваются, преобладает органогенное осадконакопление, в результате чего водоемы быстро мелеют и заболачиваются. Стоит отметить, что в пределах исследованной зандровой равнины часто встречаются небольшие округлые заболоченные участки.

Озера реликтово-подпрудного типа являются довольно редким явлением в пределах центральной части Псковской низменности. Такие озера встречаются на западной окраине низменности, на границе с возвышенностью Хаанья. Формирование озер реликтово-подпрудного типа здесь обусловило наличие древней эрозионной сети, которую активно осваивали ледниковые языки во время трансгрессивного этапа, тем самым расширяя и углубляя палеодолины, а затем консервируя их и превращая в ледоём. С началом общей дегляциации в пределах центральной части Псковской низменности происходит таяние «пломбы» и образования локальных наледниковых водоемов, которые еще больше способствуют таянию пломбы. В связи с формированием у фронта ледника приледникового водоема, уровень которого достигал 115 м абс. отм. (Карпухин, 2013), восточная часть низменности оказалась перекрыта его водами и развивалась в таком виде пока уровень водоема не снизился до 75 м абс. отм. После снижения воды в озере в долинах часто сохранялись локальные приледниковые водоемы, которые подпруживались в узких местах долины мертвым льдом. Часто в этих местах диагностируются моренные гряды. После понижения уровня локального водоема и активизации эрозионных процессов в конце позднеледниковья происходит окончательное оформление озерных котловин. Стоит отметить, что наибольшие мощности озерных отложений отмечены именно в озерах данного типа, что обусловлено местонахождением озер в узких и глубоких палеодолинах.

Полученные материалы по генезису и эволюции озерных котловин центральной части Псковской низменности хорошо интегрируются в общую картину развития озер

северо-запада Восточно-Европейской равнины, представленную в трудах коллектива авторов 8-ми томного издания «История озер».

Список литературы

1. Асеев А.А. Древние материковые оледенения. М.: Наука, 1974. 319 с.
2. История озёр Восточно-Европейской равнины / Под ред . Н.Н. Давыдовой и др. СПб: Наука, 1992. 262 с.
3. История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины / Под ред. В.И. Хомутова и др. СПб: Наука, 1998. 404
4. Карпухина Н.В. 2013. Особенности деградации осташковского ледникового покрова в пределах Чудско-Псковской низменности // Геоморфология № 4. С. 38 - 47.
5. Лесненко В.К. Псковские озёра. Л.: Лениздат, 1988
6. Kalm V. Ice-flow pattern and extent of the last Scandinavian Ice Sheet southeast of the Baltic Sea// Quaternary Science Reviews 2012. Vol. 44, pp. 51–59.
7. Kihno, K., Saarse L., Amon L. 2011. Late Glacial vegetation, sedimentation and ice recession chronology in the surroundings of Lake Prossa, central Estonia // Estonian Journal of Earth Sciences, 60, 3, 147 - 158.
8. Saarse, L. 1990. Classification of lake basins and lacustrine deposits of Estonia//Journal of Paleolimnology 3: 1-12, 1990.

RECONSTRUCTION OF COASTAL WATER AND WETLAND PHYTOCENOSIS IN LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE YAKUTIA

Protopopov A.V.
Academy of Sciences Republic of Sakha

Frozen animal mummies were part of the mammoth fauna complex are a valuable source of information about the vegetation of past ages. An analysis of the taxonomic composition of the contents of the gastrointestinal tract 14 paleontological sites have been identified participatory coastal aquatic and wetland vegetation phytocenoses in the late Pleistocene and early Holocene Yakutia. It has been found that there is an inverse relationship between floristic diversity of coastal water and wetland phytocenoses and strengthening krioterma processes observed after the end of the Holocene climatic optimum, despite the smoothing effect of aquatic ecosystems.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ И БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ ЯКУТИИ

Протопопов А.В.
Академия наук Республики Саха (Якутия)

Болотные и прибрежно-водные ассоциации являются довольно заметной частью современного растительного покрова. Занимая в лесной зоне Якутии 1,2% от общей площади (Андреев и др., 1987), в тундровой зоне, болота входят в зональный тип растительности, образуя тундро-болотные, полигонально-валиковые и бугристо-мочажинные комплексы.

Главным условием для образования болот является наличие подземного водоупорного экрана. На северо-востоке Азии таким экраном служит многолетняя мерзлота, и образование болот является естественным процессом в соответствующих формах рельефа – впадинах и ложбинах.

Заболачивание в условиях криолитозоны часто происходит вследствие термокарстового процесса, как начальной стадии образования аласов. Причиной термокарста в настоящее время служат нарушения теплоизолирующего растительного покрова, чаще всего после сильных пожаров. Активизация образования болот в Восточной Европе и Северной Азии в постледниковый период происходило в конце бореального и в начале атлантического периодов голоцена около 8 тысяч лет назад с резким потеплением климата и увеличением влажности воздуха (Инишева, 2009). Схожие процессы в это время происходили и в Якутии, сопровождавшиеся активизацией термокарстовых процессов, образованием озер, аласов, и соответственно болот (Pestryakova et al., 2012).

Изучение содержимого желудочно-кишечного тракта животных входивших в мамонтовый фаунистический комплекс указывает на заметное участие болотных и прибрежно-водных (плавневых) ассоциаций в составе растительного покрова позднего плейстоцена и раннего голоцена Северо-Востока Азии.

В первую очередь, это связано с тафономическими особенностями захоронений животных, которые погибали на берегах водоемов; эти пойменно-приустьевые, травяно-болотные и прибрежно-водные плавневые фитоценозы были для них последними пастбищами. Такие сообщества отличаются высокой продуктивностью, что привлекало внимание животных к ним. В настоящее время в северотаежной зоне такого рода фитоценозы являются основными типами пастбищ для крупных копытных (Тебеневошные пастбища..., 1974). В позднем плейстоцене, несомненно, они также были одними из главных кормных стадий для крупных и гигантских растительноядных животных входивших в мамонтовый фаунистический комплекс.

В ходе реконструкции конкретных фитоценозов на основе интерпретации содержимого желудочно-кишечного тракта представителей мамонтовой мегафауны, болотные и прибрежно-водные ассоциации были выделены в случаях Березовского мамонта (Украинцева, 2002), Шандринского мамонта (Украинцева, 2002), Киргиляхского мамонтенка (Украинцева, 2002), Селериканской лошади (Украинцева, 2002), Максунуохского мамонта (Боескоров и др., 2006), мамонта Юка (Rudaya et al, 2014), Юкагирского бизона (van Geel et al, 2014), Чукотского бизона (Кириллова и др., 2013), Колымского носорога (Boeskorov et al, 2011), Мылахчинского бизона (Украинцева, 2002), Юкагирского мамонта (van Geel et al, 2008), Таймырского оленя (Mol et al, 2006), Юрибейского мамонта (Украинцева, 2002), Юкагирской лошади (Gravendeel et al, 2014).

Основой для выделения болотных и прибрежно-водных фитоценозов послужило присутствие в желудочно-кишечном тракте ископаемых животных таких гелофитных и гигрофитных растений как: *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Glyceria sp.*, *Nimpha tetragona*, *Nyphar pumila*, *Potamogeton sp.*, *Sphagnum sp.*, *Calliergon sp.*, *Drepanocladus sp.*, *Polytrichum strictum*, *Sparganium sp.*, *Rumex aquaticus*, *Myriophyllum sp.*, *Batrachium sp.*, *Eleocharis sp.*, *Scirpus sp.*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Caltha sibirica*, *Eriophorum brachyantherum*, *Eriophorum polystachion*, *Ranunculus hyperboreus*, *Carex concolor*, *Carex dioica*, *Rubus chamaemorus*, *Polygonum foliosa*, *Catabrosa aquatic*, *Persicaria maculata*.

В случаях с Колымским носорогом, Мылахчинским бизоном, Юкагирским мамонтом, Юрибейским мамонтом и Юкагирской лошади были выделены конкретные болотные сообщества:

- 1) сфагновые и моховые болота с преобладанием *Rubus chamaemorus*, сфагновых и зеленых мхов;
- 2) осоково-моховые болота, где преобладают зеленые мхи (*Drepanocladus aduncus*, *Campylium stellatum*, *Rhisomnium sp.*) вместе с *Carex concolor* и *Carex dioica*;
- 3) пушицевые болота с доминированием *Eriophorum brachyantherum* и *Eriophorum polystachion*.

Реконструкция прибрежно-водных и болотных фитоценозов проводилась актуалистическим методом, в основу которого были положены – ценоморфная и экологическая по градиенту увлажнения приуроченность видов растений, а также флористическая сопряженность.

Геохронологическое распределение реконструированных болот, показывает довольно-таки равномерное распространение болот в разные геологические периоды позднего плейстоцена и голоцена Якутии. Болота встречались в карге, о чем свидетельствует содержимое желудочно-кишечного тракта Колымского носорога и Мылахчинского бизона, в сартанское время – Юкагирский мамонт, и в голоцене – Юрибейский мамонт и Юкагирская лошадь.

Если распространение болот в термохроны можно объяснить общим потеплением климата и увеличением влажности, то в криоксеротические интервалы сохранение болот объясняется наличием многолетней мерзлоты, служащей и водоупорным экраном и источником воды. При этом, торфообразование на болотах активно происходившее в каргинское время, в сартане прекращалось, чтобы возобновиться в голоцене (Каплина, 2011).

В настоящее время, торфообразование на севере Якутии напрямую зависит от глубины водоемов и условий промерзания разлагающихся растительных остатков. При их промерзании в условиях аридного климата, процесс торфонакопления останавливается, и в этом случае торфяные залежи отличаются маломощностью. Имеющиеся в Приморской низменности торфяные залежи, местами мощностью до 4 метров являются в основном реликтовыми, период активного торфообразования которых приходится на оптимум голоцена (Панов, Протопопов, 2013).

Климатические колебания отражались и в видовом составе болотной растительности. Так, исчезли в современной арктической зоне произраставшие там в каргинское время и в оптимуме голоцена *Polygonum foliosa*, *Phragmites australis*, *Carex dioica*, *Persicaria maculata*, *Catabrosa sp.* (вероятнее всего, это *Catabrosa aquatic*), *Trapa natans*, *Typha latifolia*. При этом, *Polygonum foliosa*, *Persicaria maculata*, *Catabrosa aquatic* и *Trapa natans* в современной флоре Якутии отсутствуют. *Phragmites australis*, *Carex dioica*, *Typha latifolia* в настоящее время встречаются гораздо южнее, в центральной и юго-западной части Якутии.

Таким образом, прослеживается обратная связь между флористическим разнообразием и усилением криотермальных процессов, наблюдающихся в Якутии с окончанием климатического оптимума голоцена. Обеднение флоры прибрежно-водных сообществ в арктической зоне, приводит соответственно к обеднению фитоценологического разнообразия, вследствие выпадения таких видов-эдификаторов как тростник и камыш. В то же время криофитные осоковые и пушицевые ассоциации, а также сообщества сложенные *Arctophila fulva* свои позиции сохранили.

В настоящее время, болотные фитоценозы в арктической зоне сложены в основном гипоарктическими видами. Доля бореальных видов увеличивается в прибрежно-водных сообществах, вследствие микроклиматических особенностей водных экосистем. Количество макротермных бореальных и неморальных гигрофитных и гелофитных растений в прибрежно-водных и болотных экосистемах увеличивалось в термохроны позднего плейстоцена и голоцена, вероятнее всего, в результате удлинения периода вегетации в рамках тренда глобального потепления климата.

Список литературы

1. Андреев В.Н., Галактионова Т.Ф., Перфильева В.И., Щербаков И.П. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР. - Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. - 155с.
2. Боескоров Г.Г., Протопопов А.В., Бакулина Н.Т., Лазарев П.А. Условия существования максунуохского мамонта // Наука и образование, № 2, 2006. С.56-61.

3. Инишева Л.И. Болотоведение. Изд-во Томского государственного педагогического университета, Томск, 2009. 210с.
4. Каплина Т.Н. Древние аласные комплексы Северной Якутии // Криосфера Земли, т. XV, № 2, 2011. С. 3–13.
5. Кириллова И.В., Занина О.Г., Косинцев П.А. и др. Первая находка мерзлой туши голоценового бизона (*Bison priscus* Vojanus, 1827) на Чукотке. // Доклады Академии наук. Общая биология. Т.452., № 4, 2013. С.466-469.
6. Панов В.В., Протопопов А.В. Об особенностях генезиса реликтовых торфяных болот Табалахской впадины Республики Саха (Якутия) и их использовании // Горный информационно-аналитический бюллетень. ГИАБ. №3/2013 С. 37-46.
7. Тебеневочные пастбища Северо-Востока Якутии / Под. ред. Андреева В.Н. – Якутск, Кн. изд-во, 1974. – 246с.
8. Украинцева В.В. Растительность и климат Сибири эпохи мамонта. Труды Государственного биосферного заповедника «Гаймырский». Красноярск, 2002. 192с.
9. Bas van Geel, Andre Aiproot, Claudia Baittinger et al. The ecological implications of a Yakutian mammoth's last meal // Quaternary Research, 69. 2008. P. 361 – 376.
10. Bas van Geel, Albert Protopopov, Ian Bull et al. Multiproxy diet analysis of the last meal of an early Holocene Yakutian bison // Journal of Quaternary science (2014) 29(3) 261–268.
11. Boeskorov G.G., Lazarev P.A., Sher A.V. et al. Woolly rhino discovery in the lower Kolyma River // Quaternary Science Reviews, Vol.30(17-18), 2011. P.2262-2272.
12. Gravendeel B., Protopopov A., Bull I. et al. Multiproxy study of the last meal of a mid-Holocene Oyogos Yar horse, Sakha Republic, Russia. The Holocene. 2014. 24. P. 1288-1296.
13. Mol, D., Tikhonov, A., van der Plicht, J. et al Results of the CERPOLEX / Mammuthus expeditions on the Taimyr Peninsula, Arctic Siberia, Russian Federation. Quaternary International 142-143, 2006. P.186-202.
14. Pestryakova Luidmila, Herzschuh Ulrike, Wetterich Sebastian, Ulrich Mathias. Present-day variability and Holocene dynamics of permafrost-affected lakes in central Yakutia (Eastern Siberia)//Journal of Quaternary Science. V.51, 2012. P. 56-70.
15. Rudaya Natalia, Protopopov Albert, Trofimova Svetlana, Plotnikov Valery, Zhilich Snezhana. Landscapes of the 'Yuka' mammoth habitat: A palaeobotanical approach // Review of Palaeobotany and Palynology V. 214. 2015. P. 1–8.

Section 3.

Micropaleontological, geological and radiometric methods in paleolimnology

Направление 3.

Микропалеонтологические, геологические и радиометрические методы в палеолимнологии

Oral section

Устные доклады

THE HISTORY OF DEVELOPMENT OF THE NARROW-HEADED VOLE'S (*MICROTUS GREGALIS* PALLAS, 1778) CURRENT DISTRIBUTION RANGE

Abramson N.I.¹, Petrova T.V.¹, Zakharov E.S.², Pestryakova L.A.³

¹Zoological Institute RAS, Saint-Petersburg

²Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk

³M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk

A species-wide phylogeographic study of the narrow-headed vole (*Microtus gregalis* Pallas, 1778) was performed using the mitochondrial cytochrome b gene. Phylogeographic

pattern clearly demonstrate the division into four major mtDNA lineages with further subdivision. Three lineages were concentrated in South Siberia, while the fourth lineage was distributed over the most part of the range covering the territories of modern Northern and Central Yakutia as well. The mean estimated time of basal differentiation of the narrow-headed vole is about 0.8Mya. This time estimate is congruent with the known paleontological record. It is quite probable that with further research this lineage will turn out to represent a cryptic species. Spatial pattern of genetic variation in populations of the narrow-headed vole within the largest mt lineage indicate the normal or stepping stone model of dispersal to the north and south-west from the Altai region in Middle Pleistocene. Both paleontological data and genetic diversity estimates suggest that this species was very successful during most of the Pleistocene, and we propose that climate humidification and wide advance of tree vegetation at the Pleistocene-Holocene boundary promoted range decrease and fragmentation for this typical member of tundra-steppe faunistic complex. However, we still observe high genetic diversity within isolated fragments of the range.

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО АРЕАЛА УЗКОЧЕРЕПНОЙ ПОЛЕВКИ (*MICROTUS GREGALIS* PALLAS, 1778)

Абрамсон Н.И.¹, Петрова Т.В.¹, Захаров Е.С.², Пестрякова Л.А.³

¹ Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

² Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

³ Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск

Характер формирования современного ареала узкочерепной полевки (*M. Gregalis*) носит противоположный, по сравнению с таежными видами характер. Периодические похолодания в Плейстоцене благоприятствовали узкочерепной полевке. Она расширяла свой ареал и наращивала численность благодаря трансформации ландшафтов, приводящих к обезлесению больших площадей и формированию обширной тундростепной зоны, тогда как таежные виды переживали этот период в рефугиумах. В Плейстоцене вид процветал и доминировал во всех тундростепных комплексах мелких млекопитающих по всей северной Евразии.

Голоценовая дегляциация и продвижение леса привели к фрагментации сплошного ареала узкочерепной полевки на несколько участков на севере и юге Палеарктики и значительному сокращению распространения ее на западе. Сегодняшние закономерности распространения вида, скорее всего, напоминают начальную стадию формирования изолированных рефугиумов. Т.о. эволюционная история *M. gregalis* резко отличается от большинства современных грызунов умеренной зоны и теория Плейстоценового рефугиума неприменима к узкочерепной полевке. На основе анализа мт гена *cytb* у *M. gregalis* была выявлена глубокая внутривидовая дифференциация и выделено четыре генетические линии. Линия А распространена на большей части ареала (Ямал, Урал, юг Западной Сибири, Алтай, Тянь-Шань, Северную и Центральную Якутию. Линия В простирается от Юго-Восточной границы Тувы через Северную Монголию и северное Забайкалье до Амурской области, группа С занимает локальный участок в Восточной Туве, группа D ограничена территорией Восточной Монголии и Юго-Восточного Забайкалья и при этом генетически отличается от других линий более чем на 11%. Исследования ядерных генов и эксперименты по скрещиванию линий подтвердили, что линия D представляет собой криптический самостоятельный вид. Согласно результатам молекулярного датирования, базальная дифференциация линии *M. gregalis* произошла около 800 тыс. лет назад, что полностью соотносится с палеонтологическими данными. Наиболее древние ископаемые находки предковых форм узкочерепной полевки найденные в Байкальском регионе относятся к раннему Плейстоцену и датируются возрастом 780 тыс. лет.

1908 TUNGUSKA EVENT TRACK IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE ZAPOVEDNOYE LAKE ("TUNGUSKA " RESERVE)

Darin A.V.¹, Kalugin I.A.¹, Maksimova N.V.¹, Markovich T.I.¹, Rogozin D.Y.², Meidus A.V.³,
Darin F.A.^{1,4}, Rakshun Y.V.⁴, Sorokoletov D.S.⁴

¹Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

²Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

³State Nature Reserve "Tunguska", Vanavara vil., Krasnoyarsk region, Russia

⁴Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Cores of bottom sediments of the Zapovednoye lake located in Evenkia in the Tunguska meteorite fall area were obtained. A layer of sediments containing high concentrations of clastic elements was found. Age layer according to isotopic dating coincides with the time of the Tunguska event (1908 AD).

СЛЕДЫ ТУНГУССКОГО СОБЫТИЯ 1908 Г. В ДОННЫХ ОСАДКАХ ОЗ. ЗАПОВЕДНОЕ (ЗАПОВЕДНИК «ТУНГУССКИЙ»)

Дарьин А.В.¹, Калугин И.А.¹, Максимова Н.В.¹, Маркович Т.И.¹, Рогозин Д.Ю.²,
Мейдус А.В.³, Дарьин Ф.А.^{1,4}, Ракшун Я.В.⁴, Сороколетов Д.С.⁴

¹Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

²Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия

³Государственный природный заповедник «Тунгусский», п. Ванавара, Красноярский край, Россия

⁴Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия

В марте 2015 г. получены керны донных осадков озера Заповедное, расположенного на территории ГПЗ «Тунгусский» в Тунгусско-Чунском районе Эвенкийского автономного округа Красноярского края. Отбор кернов проводился со льда ударной трубкой «Uwites» в центре озера с глубины 40 м. Были получены три керна длиной 38, 54 и 112 см с неповрежденным верхним слоем на границе вода-осадок. Керны были вскрыты в полевых условиях и разрезаны на две половины вдоль оси отбора. Во всех кернах на фоне общей слабо выраженной тонкой слоистости на глубине 165-170 мм от верха наблюдается четко выраженный светлый слой мощностью 2-3 мм.

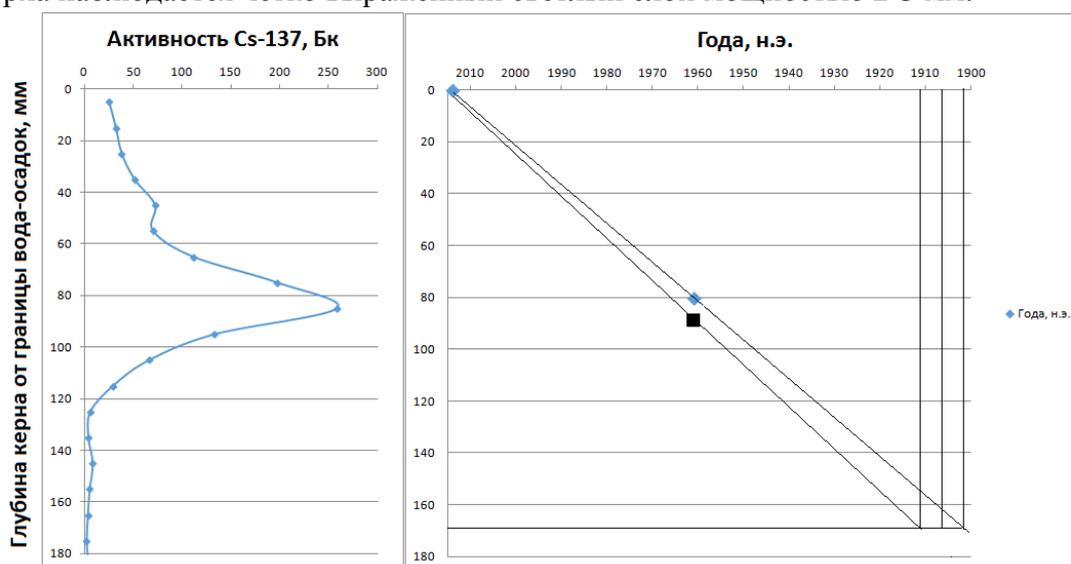


Рис. 1. Распределение активности ^{137}Cs по глубине керна и оценка возраста слоя на глубине 167,5 мм.

Половина каждого керна была использована для отбора проб длиной 170 мм, используемых для непрерывного сканирования [1], вторая половина разрезана с шагом 0,5 см с получением набора дискретных проб.

В лабораторных условиях из проб для сканирования были приготовлены твердые препараты по методикам [2], а дискретные пробы высушены и использованы для проведения дальнейших исследований, в том числе для определения физико-химических свойств осадка и изучения распределения изотопов ^{137}Cs и ^{210}Pb , необходимого для датировки верхних слоев. На рис. 1 представлены данные распределения активности изотопа ^{137}Cs по глубине керна и оценка возраста слоя на глубине 167,5 мм.

Разброс значений определен шириной слоя с максимальной активностью ^{137}Cs , маркирующего глобальные выпадения 1961-63 гг. Среднее значение возраста слоя совпадает с 1908 г., что дает основания считать его следом от т.н. Тунгусского события.

Сканирующий анализ по глубине керна показывает резкое увеличение содержания следующих элементов: K, Ca, Ti, Fe, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, I, Ba. Заметно меняется влажность осадка в этом интервале, см.рис. 2.

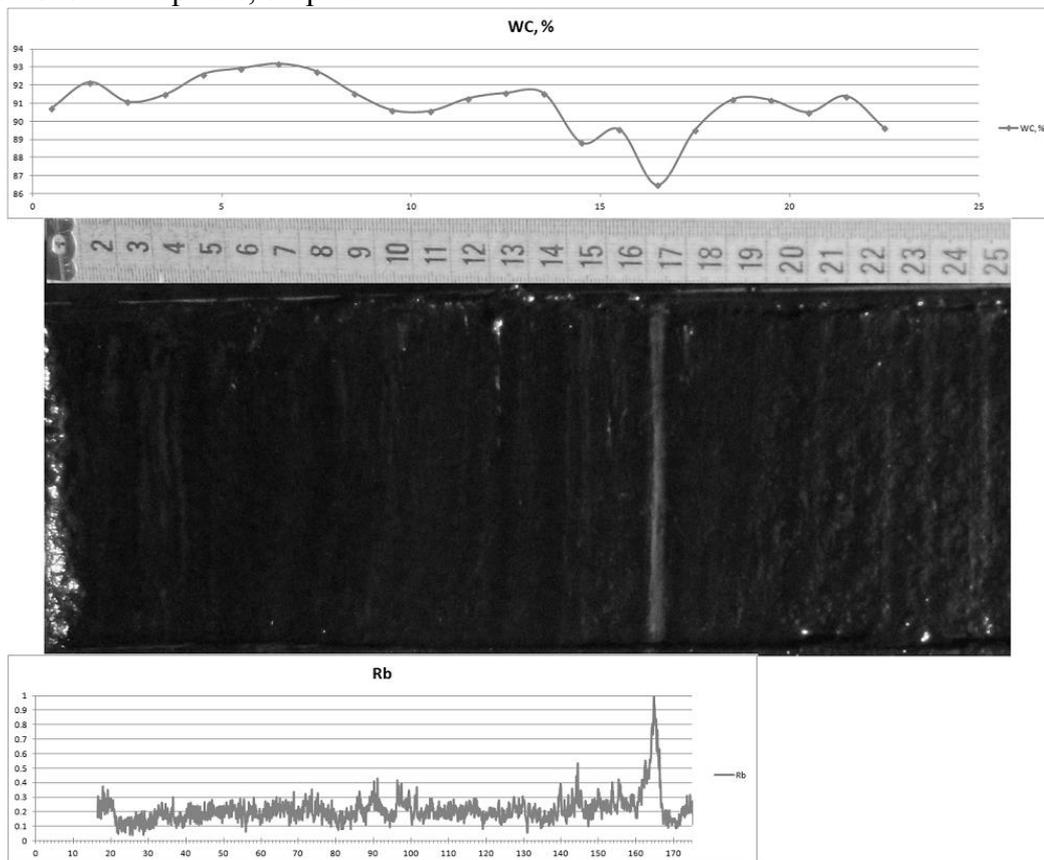


Рис. 2. Изменение влажности и содержания Rb в слое 1908 г.

Если принять, что слой датируется 1908 г. и связан с катастрофическим событием, то фиксируемые следы отражают резкое увеличение поступления в озеро терригенного материала, обусловленное воздушным взрывом.

Выводы. С большой вероятностью можно утверждать, что в озерах региона имеется след Тунгусского события 1908 г., фиксируемый в виде слоя с повышенными содержаниями элементов, характерных для материала терригенного сноса. Возможно, что в этом слое также содержится и материал внеземного происхождения. Доказательство последнего может быть получено в результате дальнейших специальных исследований. Также наличие маркирующего слоя дает возможность датирования современных слоев осадка.

Список литературы

1. Дарьин А.В., Ракшун Я.В. Методика выполнения измерений при проведении рентгенофлуоресцентного анализа с использованием рентгеновской концентрирующей оптики (поликапилярные линзы) // *Научный вестник НГТУ*. - 2013. - № 2(51). - С. 119-129
2. Дарьин А.В., Калугин И.А., Ракшун Я.В. Сканирующий рентгеноспектральный микроанализ образцов донных осадков с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН // *Известия РАН. Серия физическая*. - 2013. - Т. 77. - № 2. - С. 204-206.

THE BELE LAKE RECENT SEDIMENT'S VARVOCHRONOLOGY BASED ON OPTICAL AND MICROANALYTICAL RESEARCHES

Darin A.V.¹, Kalugin I.A.¹, Safonov Y.A.¹, Rogozin D.Y.², Darin F.A.^{1,3},
Chu Guoqiang⁴, Sun Qing⁵

¹Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

²Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

³Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia

⁴Institute of Geology and Geophysics of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

⁵National Research Center of Geoanalysis, Beijing, China

A time model of sedimentation in the Bele Lake over the past 600 years was constructed by varvechronological method. Climatic events associated with the processes of aridity in southern Siberia were dated.

ВАРВОХРОНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОСАДКОВ ОЗ.БЕЛЕ ПО ДАННЫМ ОПТИЧЕСКИХ И МИКРОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дарьин А.В.¹, Калугин И.А.¹, Сафонов Ю.А.¹, Рогозин Д.Ю.², Дарьин Ф.А.^{1,3},
Chu Guoqiang⁴, Sun Qing⁵

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

²Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия

³Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

⁴Institute of Geology and Geophysics of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

⁵National Research Center of Geoanalysis, Beijing, China

Озерные осадки, содержащие ежегодно ламинированные годовые слои (т.н. варвы), имеют важное значение для палеоклиматических исследований в связи с возможностью построения абсолютной временной шкалы. Однако прямой подсчет слоев по шлифам бывает в ряде случаев затруднен. Использование инструментальных методик дает возможность как сравнительного анализа, так и может использоваться в арбитражных функциях [1, 2].

Соленое озеро Беле расположено в Ширинском районе Республики Хакасия и имеет осадок с выраженной слоистостью. Ранее, с использованием методик аналитической микростратиграфии, было показано, что слои являются годовыми и могут использоваться для варвохронологии [3]. В данной работе представлен материал по подсчету визуально выделяемых годовых слоев в осадках оз. Беле и сравнение полученных результатов с данными инструментальных исследований (микро-РФА) [4]. На рис. 1 представлены шлифы донных осадков оз. Беле в интервале 0-650 мм.

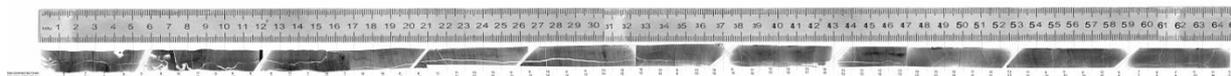


Рис. 1. Шлифы донных осадков оз.Беле в интервале 0-650 мм.

Подсчет слоев производился по фотографиям шлифов, сделанных с 10-кратным увеличением по визуально выделяемым парам светлый-темный слой. Делался подсчет максимально и минимально выделяемого количества слоев. Пример подсчета для интервала 0-170 мм приведен на рис. 2. Полученные данные для всего интервала представлены в таблице 1.

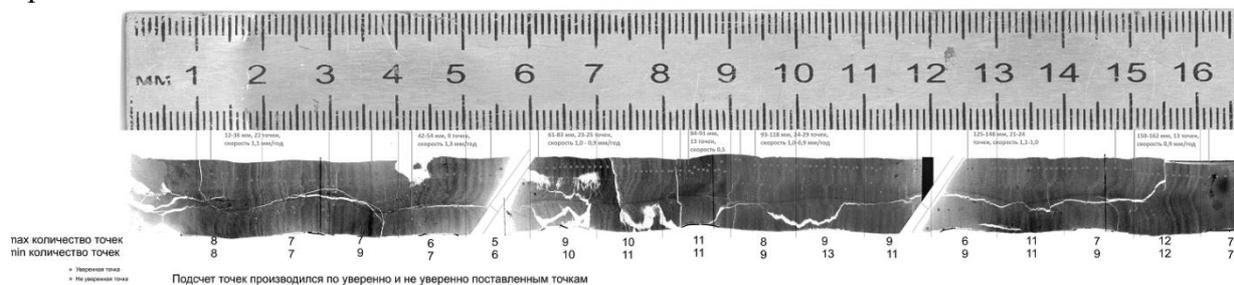


Рис. 2. Пример подсчета визуально выделяемых слоев в интервале 0-170 мм.



Рис. 3. Датировка событий, связанных с повышением солёности воды в оз.Беле (года н.э.)

Оценки скорости осадконакопления в оз. Беле по данным визуального подсчета в шлифах совпадают с результатами изотопных и микро-РФА исследований. Построенная временная модель позволяет датировать с высокой точностью и достоверностью события, связанные с изменением солёности воды в оз. Беле за последние 600 лет (рис.3). Ранее нами было показано, что изменение уровня озера Шира, находящегося в 20 км от оз. Беле, сопровождается повышением солёности воды, что отражается в резком повышении концентрации стронция в донных осадках [5]. Изменения уровня стронция в осадках оз. Беле, видимо, также отражает подобные процессы. Точная датировка этих событий позволяет построить хронологию и выявить основные тенденции и периодичность процессов изменения климата на юге Сибири в последнее тысячелетие.

Таблица 1. Оценка скорости осадконакопления в оз. Беле по данным варвохронологии.

Глубина по керну, см. (интервал)	1-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Кол-во слоев min	71	89	99	110	129	96
Кол-во слоев max	78	106	123	119	136	104
Скорость min мм/год	1,31	1,15	1	0,93	0,79	1,11
Скорость max мм/год	1,19	0,96	0,82	0,87	0,75	0,99
средняя скорость мм/год	1.25	1.055	0.91	0.9	0.77	1.05

Список литературы

1. Bernd Zolitschka, Pierre Francus, Antti E.K. Ojala, Arndt Schimmelmann Varves in lake sediments – a review // *Quaternary Science Reviews*, Volume 117, 2015, Pages 1-41.
2. Michael Marshall, Gordon Schlolaut, Takeshi Nakagawa, Henry Lamb, Achim Brauer, Richard Staff, Christopher Bronk Ramsey, Pavel Tarasov, Katsuya Gotanda, Tsuyoshi Haraguchi, Yusuke Yokoyama, Hitoshi Yonenobu, Ryuji Tada, Suigetsu 2006 Project Members A novel approach to varve counting using μ XRF and X-radiography in combination with thin-section microscopy, applied to the Late Glacial chronology from Lake Suigetsu, Japan // *Quaternary Geochronology*, Volume 13, December 2012, Pages 70-80
3. А. В. Дарьин, И. А. Калугин, Я. В. Ракшун, Chu Guoqiang, Sun Qing, Ф. А. Дарьин, Д. С. Сороколетов, Д. Ю. Рогозин. Микроаналитическое исследование годовых слоев в современных осадках оз. Беле // *Известия РАН. серия физическая*, 2015, том 79, № 1, с. 147–149
4. Дарьин А.В., Калугин И.А., Ракшун Я.В. Сканирующий рентгеноспектральный микроанализ образцов донных осадков с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН // *Известия РАН. Серия физическая*. - 2013. - Т. 77. - № 2. - С. 204-206
5. I.Kalugin, A. Darin, D. Rogozin, G. Tretyakov. Seasonal and centennial cycles of carbonate mineralisation during the past 2500 years from varved sediment in Lake Shira, South Siberia // *Quaternary International*, 290-291 (2013), p. 245-252.

DIATOM ASSEMBLAGES OF THE SEDIMENTS IN SMALL ARCTIC LAKE (BARENTS SEA COAST)

Denisov D.B.¹, Kosova A.L.¹, Kashulin N.A.¹, Borisov A.P.², Christensen G.N.³

¹Institute of the North industrial environmental problems, Kola Science Center, RAS

²Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS

³Akvaplan-niva, Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

Freshwater recourses of the industrialized Russian-Norwegian border areas are a key region in assessing the effects of global and regional changes in the Arctic climate system that determines the socio-economic development of northern regions. Climate changes, especially in conjunction with the anthropogenic pollution and eutrophication processes in the northern lakes ecosystems, affects the succession direction, the rate of production processes that determines water quality, the biodiversity of aquatic organisms and, ultimately, the number of commercially valuable fish species.

It would be impossible to identify the reasons for various current changes in the river-and-lake system of Pasvik and the factors responsible for its development without the knowledge about the history of ecosystems development, as well as the range of natural fluctuation of biological parameters without considering the industrial factor. The information about specific features of the environment in the past allows reliable estimation of the background values, as well as identification of the roles of climate change in the ecosystems transformations, which is especially important in the analysis of industrial factors' contribution to the transformation of biological resources in northern regions. In this context, it is small lakes of glacial origin are the most suitable objects for obtaining paleo-ecological information for reconstruction of the historical dynamics of the environment and climate.

Diatom assemblages from the sediments of small Lake Rabbvatn (N 69°39'09.83"; E 30°27'42.82"), located on the Barents Sea coast (Jarfjord, Norway) have been investigated (fig. 1). The lake area is 0.38 km², altitude – 83 masl. The lake ecosystem is affected by «Pechenganikel» smelters («Norilsk Nickel» enterprise) since 1939. Pollutants depositions of the lake watershed are directly downwind from the smelter (Ylikörkkö et al., 2015). A rise Ni, Cu

and Co content in lake sediments was generally found in the layers dates to the 1920s–1930s, and the greatest increase of accumulation happened in the 1970s–1980s as a result of mining and metal processing in the region. (Dauvalter et al., 2015).

The sediments core (44 cm capacity) have been obtained by gravity corer ($\varnothing = 8.5$ cm) from the deepest part of the lake – 10 m. Diatom analysis was conducted by standard conventional methods, according to the procedure adopted in the INEP KSC RAS, as previously described (Denisov et al., 2015). Sedimentation rates with following age determination by ^{210}Pb and ^{137}Cs chronology was carried out in Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS.



Fig 1. Location of the lake

The calculated value of absolute sedimentation rates in the Rabbvatn Lake was 0.065 cm/year, so the age of the investigated core was more than 620 years.

255 diatoms taxa rank below genera have been determined in the core. Typical species were planktonic centric diatoms: *Aulacoseira alpigena* (Grun.) Kramm.; *A. distans* (Ehrb.) Simons.; *Cyclotella schumannii* (Grun.) Håk.; *C. bodanica* var. *lemanica* (O. Müll. ex Schröter) Bachm.

Four diatom zones corresponding to the lake ecosystem succession stages have been marked in the core (fig. 2).

I zone – the oldest sediments of the investigated core, characterized by a high abundance of *Cyclotella* species: Total abundance was relatively low. Rheophilic diatoms presence (*Denticula kuetzingii* Grun.) indicates a water dynamics in the lake, probably determined by inflow activities. It was the end of the Medieval Climatic Optimum, as evidenced by is the presence of *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D.M.Will. & Round and *Cyclotella kuetzingiana* Thw., preferring warm conditions and mesotrophic waters. Diatom-inferred pH illustrates the growth from neutral to low alkaline conditions.

II zone corresponds to the period of some climatic cooling and dehumidifying to the end of XV – beginning of XVI century. There were less planktonic forms abundance, along with an increase of the benthic, and thermophilic species have disappeared from the sediments. Diatom-inferred pH range varies from neutral to low alkaline.

During the period of *III zone*, it was a little warming: some warm-water species have been re-fixed within. There was a decrease of the abundance of dominant *Cyclotella* species: *C. michiganiana* Skvortzov 1937; *C. bodanica* var. *lemanica* (O. Müll. ex Schröter) Bachm., as

well as a boreal species proportion decrease. Perhaps, the water level in the reservoir has decreased in this time.

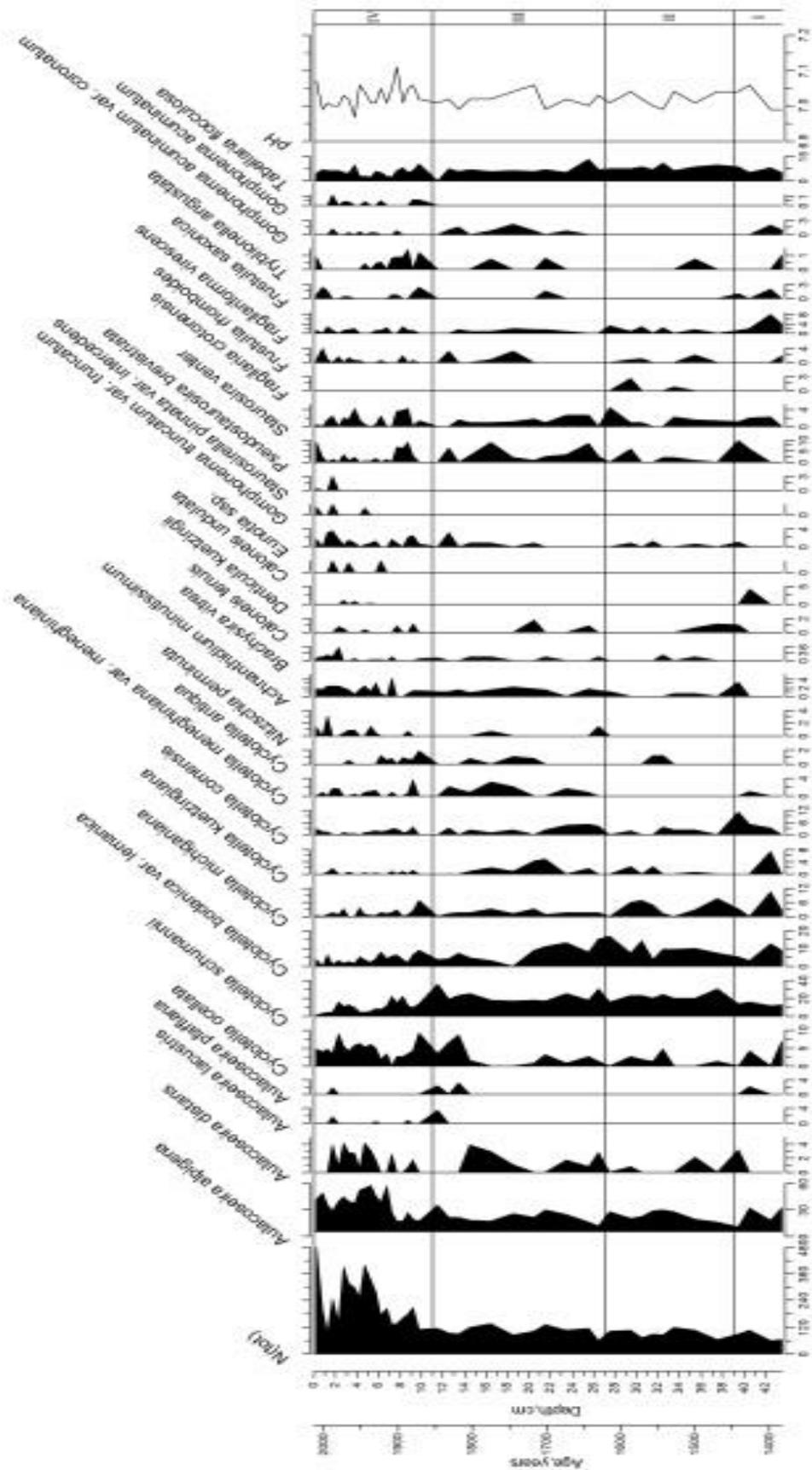


Fig 2. Diatom zones

IV zone – reflects the beginning of anthropogenic impact of the region by global industrial development in Europe in XIX century, and «Pechenganikel» smelters in XX century. This zone is radically different from the previous historical periods by a sharp increasing of total diatom abundance as a result of the end of the Little Ice Age (LIA) after 1850, which well correlate with the temperature reconstructions data (Klimenko, Sleptzov, 2003). In this period some new species were revealed in the complexes: *Gomphonema acuminatum* Ehrb., *G. truncatum* Ehrb., *Caloneis undulata* (W.Greg.) Kramm., *Staurosirella pinnata* var. *intercedens* (Grun.) P.B.Hamilton. Abundance of planktonic species (*Aulacoseira alpigena*, *Cyclotella ocellata* Pant.) was increased, indicating the lake depth growth. There was *Eunotia* ssp. diatoms growth, as a reaction to a coasts swamping. Despite of sulfur dioxide emissions, pH was not rapidly decreased in the second part of XX century.

The period of the I – III diatom zones apparently corresponding to a LIA. The Rabbvatn Lake was a typical arctic reservoir, with cool conditions, short open water period and low value of algae production. The diatom assemblage's have no cardinal transformation and all changes have been smoothed by the maritime climate system impact. Then, in zone IV, the total diatom abundance becomes rise up to 4 times, as a result of climatic warming after the end of LIA. So, the significant indicator of temperature variations in the Euro-Arctic region is the total abundance of diatoms.

This work has been funded by the EU Programme Kolarctic ENPI CBC (2011-2014)

References

1. Denisov D.B., Dauvalter V.A., Kashulin N.A. 2015. Diatom complexes of the Imandra lake sediments in the area affected by heated water from the Kola nuclear power plant // Transactions of the Karelian Research Centre, № 9. P. 10-24.
2. Dauvalter V.A., Kashulin N.A., Denisov D.B. 2015. Tendencies in the content change of heavy metals in lake sediments in Northern Fennoscandia over the last centuries // Transactions of the Karelian Research Centre, № 9. P. 62-75.
3. Klimenko V.V., Sleptzov A.M. 2003. Complex reconstruction of the Eastern Europe climate over the past 2000 years. Proceedings of the RGS, 6. P. 45-53.
4. Ylikörkkö, J, Christensen, G.N., Kashulin, N., Denisov, D., Andersen, H.J., Jelkänen, E. 2015. Environmental Challenges in the Joint Border Area // Reports 41. Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland. Juvenes Print. 165 p.

SOME INTERESTING NON-BITING MIDGES LARVAE (INSECTA: DIPTERA: CHIRONOMIDAE) FROM THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE ORON (EAST SIBERIA)

Enushchenko I.V.
Limnological Institute
SB of RAS, State Nature Reserve “Vitimskiy”

The 10-cm-long sediment record from Lake Oron for the fossil remains of chironomids larvae is analyzed. Six taxa, unknown in the modern chironomid fauna of Lake Oron: *Abiskomyia rivalis*, *Corynoneura arctica*-type, *Mesocricotopus thienemanni*, *Metriocnemus eurynotus*-type, *Nanocladius rectinervis*-type and *Robackia pilicauda* are recorded. The following taxa are newly recorded for Siberia: *Metriocnemus eurynotus*-type, *Nanocladius rectinervis*-type and *Robackia pilicauda*. The causes of chironomid species extinction in Lake Oron are suggested.

ИНТЕРЕСНЫЕ НАХОДКИ ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД (INSECTA: DIPTERA: CHIRONOMIDAE) В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗ. ОРОН (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Енущенко И.В.

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, ФГБУ Государственный природный заповедник "Витимский", Бодайбо, E-mail: deschampsia@yandex.ru

Орон (Государственный природный заповедник «Витимский») – одно из наиболее крупных озер, расположенное в северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны, в среднем течении р. Витим. Его длина составляет 24 км, ширина от 2,5 до 6 км, максимальная глубина 184 м [2]. Имеет тектоническое происхождение. По форме напоминает слабо изогнутый рукав (рис. 1), расширенный на юго-востоке. Здесь можно выделить две части: южную – глубоководную (примерно две трети площади озера) и северную – мелководную. Главными притоками озера являются реки Сыгыкта, Култушная и Каменная, берущие свое начало в Кодарском хребте. Кроме этих рек в озеро впадает более 10 небольших речек.

В марте 2013 года в составе экспедиции лаборатории палеолимнологии ЛИН СО РАН (г. Иркутск) из озера Орон нами была взята проба донных отложений (Or-02/13). Осадок отбирался с глубины 9 м в мелководной зоне в створе мыса Каменного с помощью пробоотборника Uwitec-Coreg. Длина отобранного керна составила 73 см. Осадки в толще неоднородны, что говорит о разных скоростях их накопления в разные промежутки времени. Постоянством литологического состава характеризуются верхние 10 см осадочного чехла.

Согласно результатам датирования по распределению активностей ^{210}Pb и ^{137}Cs верхние 9 см керна формировались не ранее 1850 г. Подробное описание методов радиоизотопного датирования горизонтов отобранных кернов и пробободготовки озерных осадков с целью выделения и анализа макроостанков личинок хирономид приведены в работах Vorobjeva et al. [12] и Enushchenko et al. [7], Fedotov et al. [8] соответственно.

На сегодняшний день в озере зарегистрировано 43 вида и личиночных формы хирономид, относящихся к 26 родам из 5 подсемейств: *Tanyrodinae*, *Diamesinae*, *Prodiamesinae*, *Orthoclaadiinae* и *Chironominae*. По останкам, содержащимся в донных отложениях исследованного озера, нами установлено 29 родов, 34 вида и личиночных формы. Из них шесть (приводятся ниже) не известны в современной фауне хирономид оз. Орон. Один вид (*Robackia pilicauda*) ранее не указывался для Сибири.

Abiskomyia rivalis Makarchenko & Makarchenko. Указан для Дальнем Востоке России (Магаданская область) и Республики Бурятия (Северо-Байкальский район); личинки вида развиваются в моховых обрастаниях на сырых камнях русел горных речек и ручьев [10]. Горизонты осадка, из которых были выделены головные капсулы личинок вида (4-й и 8-й см), датируются 1974-м и 1884-м годами, соответственно. Формирование их приходится на наиболее холодное время, когда ручьи и реки, впадающие в озеро, характеризовались низким стоком.

Corynoneura arctica-type (*C. ? scutellata*). Виды и широким, голарктическим распространением; личинки обитают в литорали олиготрофных высокогорных озер. Головные капсулы обнаружены во 2-м и 4–8-й см осадка – 1994, 1974, 1961, 1943, 1918 и 1884 год, соответственно. Климатические изменения не оказали заметного влияния на личинок рассматриваемой группы. Наибольшее количество головных капсул содержалось в слоях осадка, сформировавшихся в 1960–1980 гг. Вероятно, условия этого промежутка времени были холодными.

Mesocricotopus thienemanni Brundin. Приводится для всех северных районов Голарктики [3]. Один из наиболее холодолюбивых, стенотермных видов; останки его

личинки в озерных осадках являются важным индикатором холодных условий прошлого [6]. Головные капсулы содержались в 4-м, 5, 8 и 9-м см осадка, соответствующих 1974, 1961, 1884 и 1850 г. Отмечен в слоях донных осадков вместе с *A. rivalis* и *C. arctica*-type, которые так же могут быть индикаторами холодных условий.

Metriocnemus eurynotus-type. Вид указан для севера Европейской части России: Вайгач, Новая Земля [3]. Представители рода встречаются среди водной растительности в литорали умеренных озер [5]. Обнаружен в 6-м см (1943 г.) отобранного керна. Слои осадка сформировались во время значительного потепления климата. В прогреваемых мелководьях складывались благоприятные условия для развития водорослей и макрофитов (сообществ водных и околоводных растений) – формировались экотопы, пригодные для развития личинок *M. eurynotus*-type и других амфибиотных насекомых, как например, *Nanocladius* s.l.

Nanocladius ? rectinervis-type. Широко распространен в Европе, а также Азии (Ливан), Канаде и США [3]. Термофилы; обитают среди водной растительности [4]. Горизонты осадка, из которых были выделены головные капсулы личинок вида (3-й, 6 и 9-й см), датируются 1985-м, 1943 и 1850-м г., соответственно. Наибольшую роль в биоценозе представители *Nanocladius* играли во время потепления климата, когда сформировались наиболее пригодные условия, для развития и жизни личинок этого рода в прибрежной зоне оз. Орон.

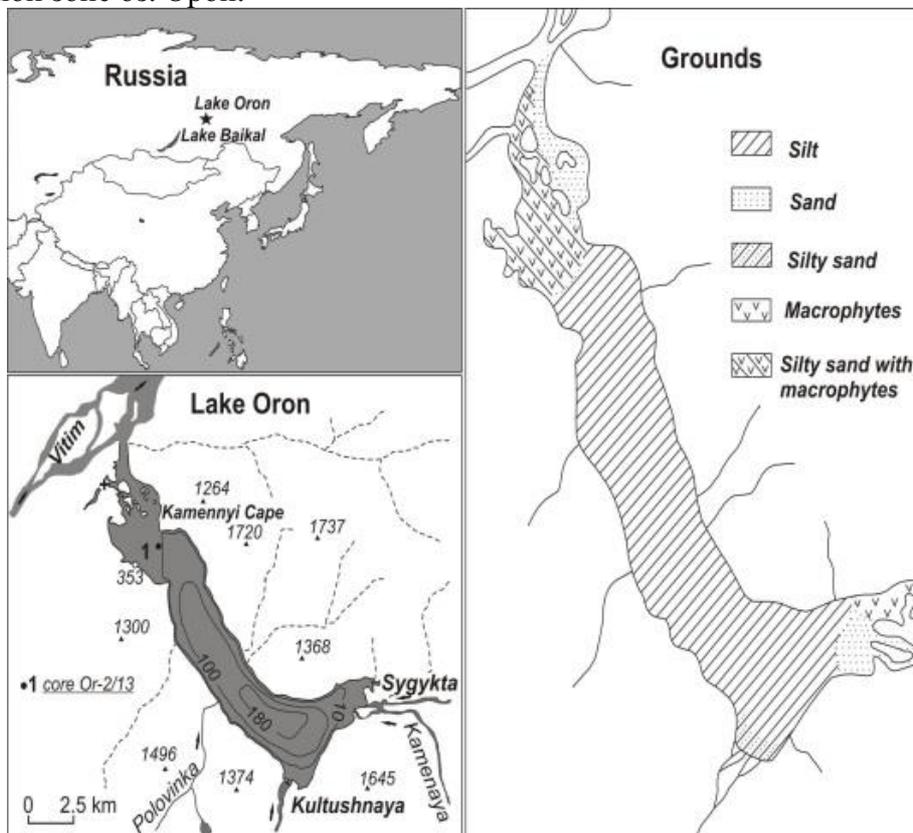


Рис. 1. Слева – географическое положение оз. Орон (Жодарский хребет) с батиметрической схемой и обозначением места взятия пробы озерных осадков; справа – схема грунтов оз. Орон

Robackia pilicauda Saether. Вид отмечен в Южной и Центральной Европе [11], Дальнем Востоке России [9], Восточном Китае [13, 14] и Северной Корее [3]; нет указаний вида для территории Сибири. Личинки обитают на песке в течении ручьев и прибойной зоне озер. Выделен из 3 см (1985 г.) осадочного чехла. Вероятно, головная капсула вида принесена течением со стороны мыса Каменного (рис. 1), обращенной к правому борту р. Витим, где песчаные грунты имеют широкое распространение [1].

Возможно, что вид обитает здесь и в настоящее время. Ранее для Сибири вид не отмечался.

Выражаю искреннюю благодарность д. г-м. н. А.П. Федотову (ЛИН СО РАН, Иркутск), за организацию и участие в экспедиции на оз. Орон. Благодарю друзей и коллег из Государственного природного заповедника «Витимский» (Бодайбо): В.А. Исаева, С.В. Никишина, М.А. Рогова, О.А. Замулина, П.И. Старожука, за всестороннее содействие и помощь во время нашей работы на территории заповедника в марте 2013 года.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-05-00342 и FANO № 10345-2014-0008 (VIII.76.1.6.).

Список литературы

1. Атлас «Иркутская область: экологические условия развития». Москва; Иркутск, 2004, 90 с.
2. 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. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2006, 267 с.
3. Ashe P., Cranston P.S. Family Chironomidae. In: Soós A. & Papp L. (Eds.), Catalogue of Palaearctic Diptera, Vol. 2, Psychodidae–Chironomidae. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1990, 113–355 pp.
4. 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 Biology*, 2001, 46: 253–267.
5. Brodin Y.W. The postglacial history of Lake Flarken, southern Sweden, interpreted from subfossil insect remains. *International Revue der Gesamten Hydrobiologie*, 1986, 71: 371–432.
6. Brooks S.J., Langdon P.G., Heiri O. The identification and use of Palaearctic Chironomidae larvae in palaeoecology. *Quaternary research association. Technical guide*, 2007, 10: 1–275.
7. 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). *International Journal of Environmental Studies*, 2014, 71(5): 647–655.
8. Fedotov A.P., Trunova V.A., Enushchenko I.V., Vorobyeva S.S., Stepanova O.G., Petrovskii S.K., Melgunov M.S., Zvereva V.V., Krapivina S.M., Zheleznyakova T.O. A 850-year records climate and vegetation changes in East Siberia (Russia), inferred from geochemical and biological proxies of lake sediments. *Environmental Earth Sciences*, 2015, 73: 7297–7314.
9. Makarchenko E.A., Makarchenko M.A., Zorina O.V., Sergeeva I.V. Preliminary data on fauna and taxonomy of chironomids (Diptera, Chironomidae) of the Russian Far East. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 2005, 3: 394–420
10. Makarchenko E.A., Makarchenko M.A.. Review of the genus *Abiskomyia* Edwards (Diptera: Chironomidae: Orthocladiinae), with description of new taxa from the Russian Far East and bordering territories. *Zootaxa*, 2015, 3919(1): 041–060.
11. Saether O.A. Taxonomic studies of Chironomidae: *Nanocladius*, *Pseudochironomus*, and the *Harnischia*-complex. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 1977, 196: 1–143
12. 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). *Environmental Earth Sciences*, 2015, 74: 2055–2063.
13. Wang X., Zheng L., Ji B. A taxonomic study on Chironomidae of China II. (Diptera: Chironomidae). *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis*, 1991, 1: 10–16.

14. Yan C., Wang X. *Robackia* Saether from China (Diptera: Chironomidae). *Zootaxa*, 2006, 1361: 53–59.

THE COMPOSITION AND VARVED LAKE SEDIMENTS STRUCTURE

Kalugin I.A.¹, Meydan F.², Darin A.V.¹, Markovich T.I.¹, Babich V.V.¹, Rogozin D.Yu.³

¹Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS (Novosibirsk),

²Yüzüncü Yıl Üniversite (Van, Turkey),

³Institute of Biophysics of SB RAS (Krasnoyarsk)

Annually layered deposits are used for paleoenvironmental reconstructions through quantitative calibration of geochemical records in lake sediments. Element composition and fine layering are considered for example more than 20 sites of fresh water and saline lakes. Siliciclastic, carbonate and organic components are combined in sediments depending on the environmental parameters. Using high resolution litho-geochemical approach (microstratigraphy), several time series on year-decadal scale up to 3000 years were obtained in recent years.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ГОДИЧНО-СЛОИСТЫХ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Калугин И.А.¹, Мейдан Ф.², Дарьин А.В.¹, Маркович Т.И.¹, Бабич В.В.¹, Рогозин Д.Ю.³

¹Институт геологии и минералогии и м. В.С.Соболева СО РАН (Новосибирск),

²Университет г. Ван (Турция), ³Институт биофизики СО РАН (Красноярск)

Годично-слоистые озерные отложения, или варвы, изучаются с конца XIX века (Де Геер, Хегбом), в основном на примере гляциальных озер. В конце XX в. в связи с технологическим прогрессом резко повысились аналитические возможности исследования этих «хронометрированных» геологических объектов для палеоклиматических построений. В настоящее время в международной программе PAGES по климатическим изменениям прошлого имеется рабочая группа, которая координирует исследования варв (Zolitschka et al., 2015). Особенно большие достижения получены в области варвохронологии, с подсчетами ритмов до 10-12 тысяч лет, а также при калибровке радиоуглеродных дат (озеро Sugetsu). В отечественной палеолимнологии варвам посвящены единичные работы, в основном из-за редкой встречаемости подобных объектов. Применение годично-слоистых отложений для расшифровки палеоусловий осадконакопления ограничено также в связи с отсутствием количественных калибровок временных рядов. В последние годы, благодаря целенаправленному применению высокоразрешающего литолого-геохимического подхода (микростратиграфии), нами были получены уникальные палеореконструкции природной среды в виде временных рядов длиной до 2000 лет, не достижимые другими методами (Kalugin et al., 2013; Дарьин и др., 2015).

Ниже рассмотрены общие черты и особенности химического и микроэлементного состава годично-слоистых осадков на примере более 20 объектов в Сибири, Европейской части России, в Монголии, Китае и др. Химический состав донных осадков пресноводных и соленых озер исследован как по сериям макропроб (нарезка керн по 5-20 мм, обычный рентгено-флуоресцентный анализ - РФА), так и с помощью сканирующего рентгено-флуоресцентного анализа на синхротронном излучении (РФА СИ) с шагом измерений от 0,05 до 1 мм. Мощности отдельных годичных ритмов обычно не превышали первых миллиметров. Основными компонентами состава озерных и некоторых морских осадков являются алюмосиликатное, карбонатное и органическое вещество, которое поставляется притоками с водосбора, с аэрозолями, а также

формируется в виде химически осажденного и биогенного материала в бассейне. Перечисленные компоненты обособляются в виде групп на кластерных дендрограммах элементного состава (R – метод) по выборкам из донных осадков и седиментационных ловушек (рис. 1).

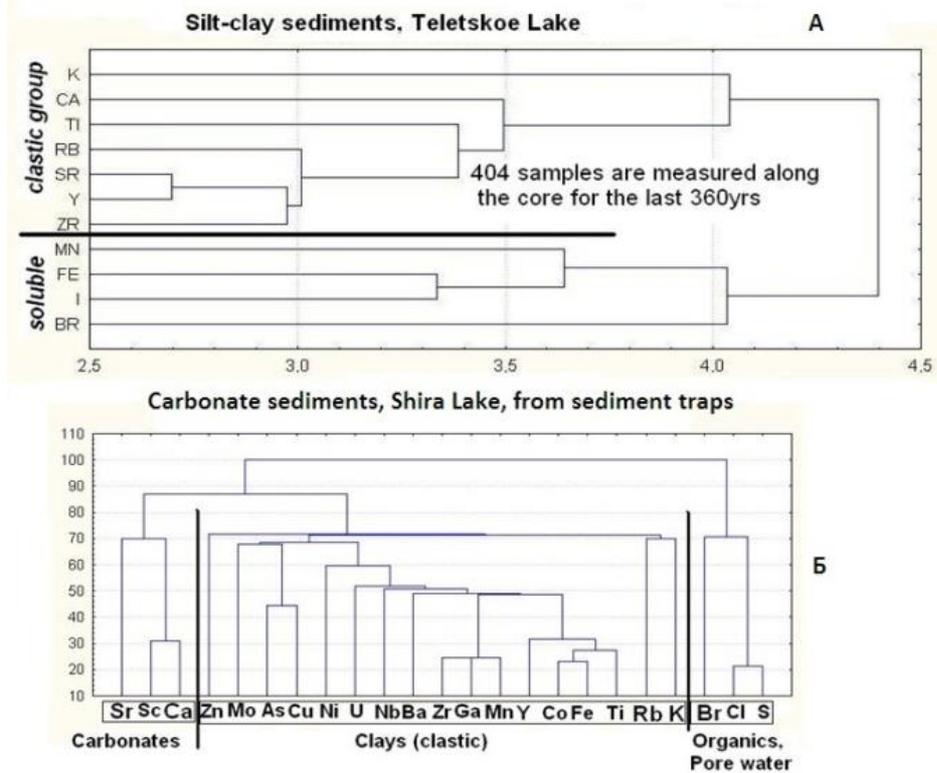


Рис. 1. Кластерные диаграммы (R – метод) для микроэлементного состава донных осадков: А – кластогенные алюмосиликатные из пресноводных озер, на примере оз. Телецкое, Б – глинисто-карбонатные с органикой из солоноводных – оз. Ши́ра.

Валовый химический состав отложений характеризует минеральный состав твердой фазы, равновесной с бассейновой водой на определенном промежутке времени накопления. Это позволяет обнаруживать сходство и различия внешних гидроклиматических условий формирования озер и моделировать термодинамически равновесные системы седиментации твердое+вода+газ (Третьяков и др., 2012).

Классические кластогенные варвы, характерные для приледниковых озер, формируются в результате колебаний привноса минеральной кластики и органического детрита сезонными паводками на фоне погодных изменений, ледостава и весеннего таяния. Главной особенностью их является механическая сортировка обломочного материала, диагностируемая визуально, по гранулометрии и по составу. В основании прослоев (весенне-летние паводковые слойки) лежит относительно грубый алевритовый материал, который сменяется кверху тонким пелитом с примесью органики (зимние подледные осадки).

Химический состав отложений пресноводных озер отражает усредненный исходный состав пород водосбора с разной степенью выветрелости. В нем преобладает алюмосиликатная глинистая компонента ($\text{SiO}_2 > 60\%$), карбонатов практически нет ($\text{CaO} + \text{MgO} < 10\%$), количество ппп (органики) изменяется в пределах от 5-10% в приледниковых озерах до 40-70% - в заболоченных, в том числе с сидеритом (рис. 2). На профилях РФА СИ сканирования поперек тонкой слоистости в нижних частях годовых ритмов повышено содержание Sr и отношение Sr/Rb за счет присутствия слабо выветрелых алевритовых зерен полевого шпата. В то же время в верхних частях ритмов характерно повышение K, Rb за счет глинистой составляющей и одновременно -

концентрация $C_{орг.}$, Br, I и U пропорционально содержанию органики. Соответственно, кверху ритма уменьшается рентгеновская плотность осадка, которая методом РФА СИ измеряется как отношение когерентного и некогерентного излучения $Co/InCo$. Чаще всего пики многих элементов выглядят мало контрастно, несмотря на то, что содержание каждого элемента систематически изменяется в течение года. Самыми распознаваемыми геохимическими сигналами годичной ритмики служат Sr, Br, Rb и их отношения, а в присутствии сидерита - Fe.



Рис. 2. Валовый химический состав озерных и морских осадков по данным РФА: тройная диаграмма алюмосиликаты (SiO_2)-карбонаты ($CaO+MgO$)-водносолевая и органическая компонента ($Org+CO_2+S+Cl+H_2O$). Цифры на диаграмме – проанализированные объекты (полужирным шрифтом выделены годовично-слоистые осадки): 1) *Байкал*: современные осадки (Пампура, 1993), среднее из 217 анализов, 2) *там же* (*Бугульдейская перемычка*), 4 ан., 3) *Хотон Нур* (*Монголия*): алевропелитовые илы, 7 ан. 4) *Телецкое*: алевропелитовые илы, 17 ан., 5) *Хубсугул* (*Монголия*): голоценные глинистые диатомиты, 7 ан., 6) *Кучерла* (*Алтай*): алевропелитовые илы, 7) *Ладога*: пелитовые илы, 8) *Заповедное* (*Эвенкия*): глина с органикой, 3 ан., 9) *Пионгда* (*Эвенкия*): глина с органикой, 3 ан., 10) *Сяргозеро* (*Карелия*): алевропелитовые илы, 4 ан., 11) *Телмен* (*Монголия*): карбонаты с примесью глины, среднее из 14 анализов., 12) *Шира* (*Хакасия*): карбонатные слои, 7 ан., 13) *там же*: - с примесью глины, 3 ан., 14) *там же*: глины с карбонатом 11 ан., 15) *там же*: глины с карбонатом, органикой, 12 ан., 16) *Беле* (*Хакасия*): глины с карбонатом, органикой, 9 ан., 17) *Эрчек* (*Турция*): карбонаты с глиной, органикой, 8 ан., 18) *там же*: глины с карбонатом, органикой, 9 ан., 19) *Иссык Куль*: карбонаты с глиной, 20) *там же*: глины с карбонатом, органикой, 21) *Зун Торей* (*Забайкалье*): глины с карбонатом, 5 ан., 22) *Хубсугул*: доголоценовые карбонатные глины, 11 ан., 23) *Кирек* (*Западная Сибирь*): сидериты, 24) *Доронинское* (*Забайкалье*): глины с содой и карбонатом, 10 ан., 25) *Учум* (*Хакасия*): карбонаты с глиной, мирабилитом 20 ан., 26) *Амурский залив* (*эстуарий*), *Японское море*: глина с наземным источником, 22 ан., 27) *Чукотское море, шельф*: глина железистая, смектит, 4 ан.

Годично слоистые осадки солоноводных озер представляют ритмичное чередование тонких разноокрашенных полосок, воспроизводящих непрерывно - сезонное накопление глинистого, карбонатного и/или органического материала. Здесь преобладают магнизиально-кальциевые отложения ($CaO+MgO = 20 - 40\%$), содержание ППП $>30\%$, алюмосиликатная примесь (SiO_2) не более 60-70%, а наличие микрофоссилий (диатомовые, остракоды и др.) не идентифицируется по химическому составу.

Список литературы

1. Дарьин А.В., Калугин И.А., Ракшун Я.В., Chu Guoqiang, Sun Qing, Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.С., Рогозин Д.Ю. Микроаналитическое исследование годовых слоев в

- современных осадках оз. Беле. Изв. Рос. академии наук. Серия физическая. 2015. Т. 79. № 1. С. 146-148.
2. Третьяков Г.А., Калугин И.А., Дарьин А. В., Рогозин Д. Ю., академик А. Г. Дегерменджи. Физико-химические условия сезонного осаждения карбонатов в озере Шира (Хакасия). Доклады Академии Наук, Геохимия, 2012, т. 446, № 2, с. 197–200
3. I.Kalugin, A. Darin, D. Rogozin, G. Tretyakov. Seasonal and centennial cycles of carbonate mineralization during the past 2500 years from varved sediment in Lake Shira, South Siberia. Quat. Int. 290-291 (2013) 245-252.
4. Bernd Zolitschka , Pierre Francus, Antti E.K. Ojala, Arndt Schimmelmann. Varves in lake sediments - a review. Quat. Sci. Rev. Vol. 117, 1 June 2015, pp. 1–41.

DIATOM ASSEMBLAGES OF THE LAKE SCHUCHJE (Khibiny Massif)

A.L.Kosova, D.B.Denisov

Institute of the North industrial environmental problems, Kola Science Centre, RAS

Environmental transformation of the Euro-Arctic ecosystems in global and local scales is as a result of the climatic system dynamics as well as multifactor anthropogenic pollution. It is strongly actualizes paleoecological research: knowledge about ecosystem historical transformation is the basis for the understanding of modern succession of reservoirs, development of measures to minimize the negative effects of human impact and adaptation of business to current climate change within the framework of the management of water resources. Small sub-Arctic lakes are convenient objects for paleoecological reconstructions due to the high sensitivity of their ecosystems to any changes in the natural environment factors. The investigations of diatom assemblages of the lake Shchuchye sediments, located in the Khibiny massif, have been conducted and the main stages of the ecosystem transformation were reconstructed.

ДИАТОМОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ЩУЧЬЕ (ХИБИНСКИЙ ГОРНЫЙ МАССИВ)

А.Л.Косова, Д.Б.Денисов

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

Глобальные и локальные преобразования экосистем Евро-Арктического региона в результате динамики климатической системы и многофакторного антропогенного загрязнения актуализируют исследования палеоэкологического направления. Знание экосистемных трансформаций в историческом прошлом является основой для понимания современных сукцессий водоемов, разработки мероприятий по минимизации негативных последствий антропогенного воздействия и адаптации хозяйственной деятельности к современным климатическим изменениям в рамках рационального использования водных ресурсов. Малые субарктические озера представляют собой удобные объекты для палеоэкологических реконструкций ввиду высокой чувствительности их экосистем к любым изменениям факторов окружающей природной обстановки.

Исследования были проведены на озере Щучье (67°50'18.8", 33°40'24.5"), которое расположено в северной части Хибинского горного массива, в озерно-речной системе р.Куна. Это малое (площадь озера 0.30 км²), по форме близкой к округлой, озеро ледникового происхождения. Территория водосборной площади по типу ландшафтов относится к лесотундровой и тундровой зонам с высотами до 593.8 м. Берега озера

невысокие, каменистые, местами встречаются заболоченные участки. В прибрежной зоне озера распространены песчаные пляжи и валунные отложения. По результатам гидрохимического анализа установлено, что водоем по содержанию биогенных элементов и органического вещества относится к олиготрофным. Поверхностные воды имеют низкую минерализацию (34.5 мг/л) и повышенное значение щелочности (282 мкэкв/л), водородный показатель (рН) варьирует в диапазоне 6.98-7.40.

История развития водоема и трансформации его экосистемы под влиянием природных и антропогенных факторов была выполнена посредством диатомового анализа колонки ДО. На основании анализа распределения приоритетных элементов загрязнителей в ДО для водоема были выделены стратиграфические зоны слоев отложений, со сравнительно низкими концентрациями этих элементов, формирование которых происходило в так называемый «доиндустриальный» период развития водоема.

Характер распределения в ДО тяжелых металлов указывает на более высокие темпы седиментации в исследованном водоеме (≈ 1.9 мм/г) по сравнению с водоемами сходного типа в районе Кольского Севера [Dauvalter, 1994]. Выявлено значительное увеличение содержания Pb и Cd в верхних слоях отложений, начиная с глубины 7 см. Кроме того, верхние 4 см характеризуются аккумуляцией ТМ, прежде всего Ni и Cu. Увеличение содержания Ni и Cu связано с началом индустриального освоения Кольского Севера, а увеличение содержания Pb и Cd – с общим увеличением глобального загрязнения этими элементами атмосферы северных регионов. Таким образом, был определен период, охватывающий промышленное загрязнение оз. Щучье, соответственно, более древние слои отложений были сформированы в «доиндустриальный» период развития экосистемы водоема.

Для выявления интенсивности загрязнения озера использовались значения коэффициента C_f и степени C_d загрязнения ДО тяжелыми металлами, вычисленные по методике, предложенной Л.Хокансоном [Håkanson, 1980]. Концентрации ТМ (Ni, Cu, Zn, Co, Pb, Cd, As, Hg), накопленных в поверхностных слоях ДО озера Щучье, указывают на значительную степень загрязнения ($C_d=15.3$).

По направлению от нижних слоев ДО к верхним выявлены перестройки в составе и структуре диатомовых комплексов и их количественных характеристиках. На протяжении исследованного периода происходила смена доминирующих групп диатомей, исчезновение отдельных видов.

Всего в колонке мощностью 20 см было обнаружено 218 таксонов диатомовых водорослей рангом ниже рода в 44 родах, наибольшего таксономического разнообразия достигают представители родов *Eunotia* (22), *Pinnularia* (18), *Symbella* (15). В ходе анализа динамики относительной численности диатомей по разрезу колонки были выявлены руководящие по численности виды, а также виды с наиболее яркими изменениями. Их стратиграфические профили представлены на рисунке.

Этапы наиболее значимых изменений в экосистеме водоема подтверждают результаты кластерного анализа, выполненного на основе соотношения относительной численности диатомей. Было выделено пять этапов в развитии озера (рис. 1).

I этап охватывает период, когда происходило формирование самого древнего из исследованных слоев ДО (20-19см). На этой стадии развития экосистемы водоема отмечается самое большое количество видов (92). В озере развивались преимущественно бентосные и планктонно-бентосные формы. Можно предположить, что этот период был переходным от одних условий к другим, так как в следующем слое (19-18 см) отмечается изменение доминантного комплекса, снижение количества видов, увеличение показателя обилия.

II этап (19-13 см) На этом этапе развития экосистемы водоема отмечалось незначительное снижение видового разнообразия до $2.99 \text{ бит} \cdot \text{экз}^{-1}$ в слое 16-15 см и увеличения показателя до $3.62 \text{ бит} \cdot \text{экз}^{-1}$ к концу этого периода. Динамика рН демонстрирует противоположную картину. В слое 16-15 см водородный показатель

достигает максимального значения на этом этапе формирования экосистемы водоема 7.28, выше по срезу колонки уменьшается до 7.09. Увеличилась доля планктонных форм. На этом промежутке слой 17-16 см отличается от других, что подтверждает кластерный анализ. В этом горизонте максимального развития достигли виды характерные для эвтрофных, хорошо прогреваемых водоемов *Staurosira construens* Ehrenberg и *Staurosira venter* (Ehrenberg) H.Kobayasi. Возможно, это связано с увеличением концентрации биогенных элементов в этот период, а также с некоторым изменением температурного режима в сторону более высоких температур за счет уменьшения глубины озера, так как одновременно отмечается снижение доли планктонных центрических видов рода *Aulacoseira*.

III этап (13-4 см) характеризуется доминированием на горизонтах 13-6 см *Aulacoseira alpigena* (Grunow) Krammer, 12-7 см - *Staurosira venter*. На этом промежутке зарегистрировано наименьшее значение рН – 7,01 на горизонте 6-4 см, этот период соответствует, примерно, началу 20 века и характеризуется похолоданием. Положение доминанта занимает ацидофильный вид - *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., отмечается увеличение доли таксонов рода *Symbella*, большинство представителей которых ацидофильные и холоднолюбивые виды. Одновременно отмечается максимальное увеличение доли галофобов до 28.4%, что свидетельствует о снижении общей минерализации в водоеме. Окончание этого этапа связано с началом аэротехногенного загрязнения водоема.

VI этап (4-1 см) вверх по профилю донных отложений этой зоны отмечено увеличение значения рН в щелочную сторону от 7.01 до 7.27, что подтверждается увеличением доли алькалибионтов в этот период. Наблюдается рост доли планктонных и аркто-альпийских видов, массовое развитие которых обеспечило резкое увеличение общего обилия до 68.05 млн.экз/г.сух.веса. Но при этом отмечается уменьшение количества видов. Изменения в структуре диатомовых происходит на фоне аэротехногенного загрязнения водоема тяжелыми металлами (Cu, Ni, Cd). Рост численности эвритермного вида, индифферента, космополита *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki в слоях 4-3см и 2-1 см до субдоминанта, появление в горизонте 3-1 см эвтрофного вида *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen также свидетельствует об изменении условий в водоеме.

V этап (1-0 см) отражает современный период развития водоема, который отличается наименьшим сходством с предыдущими этапами. Происходит упрощение структуры диатомовых комплексов, сопровождающееся резким снижением H^+ , который достиг минимального значения на протяжении всего среза колонки ДО и составил 2.3 бит·экз⁻¹. Индекс сапробности увеличивался и достиг значения 1.87, что соответствует β-мезосапробной зоне. Доминирующий комплекс представлен алькалибионтными (*Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) Haworth и *Aulacoseira valida* (Grun.) Kramm) и алькалофильными (*Staurosira construens*) таксонами. Полностью исчез ацидофильный бентосный вид *Brachysira brebissonii* (Grun. in Van Heurck) Ross, представители рода *Eunotia* встречаются единично. Водородный показатель увеличился в щелочную сторону и достиг 7.55, что является максимальным значением для колонки. По отношению к местообитанию преобладают планктонные формы (51%), что довольно много для озера таких размеров и глубин и может свидетельствовать об увеличении водности.

На основе результатов анализа диатомовых комплексов донных отложений и образцов современных сообществ диатомей оз.Щучье было установлено, что одним из основных факторов, определяющих видовой состав и структуру диатомовой флоры, являлось ландшафтно-географическое положение водоема. Сложность спектра горных микроландшафтов определяла комплекс индивидуальных природных условий исторического формирования качества вод. На всем исследованном историческом этапе здесь существовали условия, благоприятные для развития различных диатомей перифитона и бентоса. Анализ стратиграфии диатомовых комплексов показал

изменения, которые связаны с антропогенным преобразованием в верхнем современном слое. Выявлены изменения диатомового состава, связанные с защелачиванием водоема. Были обнаружены тератологические изменения формы створок родов диатомовых водорослей. В качестве причин, приводящих к образованию тератологических форм, указываются неблагоприятные экологические условия. В оз. Щучье можно отметить низкую концентрацию кремния (2.3 мг/л) в воде, недостаток которого приводит к появлению клеток уродливой формы. В настоящее время, значительное влияние на развитие и трансформацию экосистемы озера Щучье оказывает антропогенная составляющая.

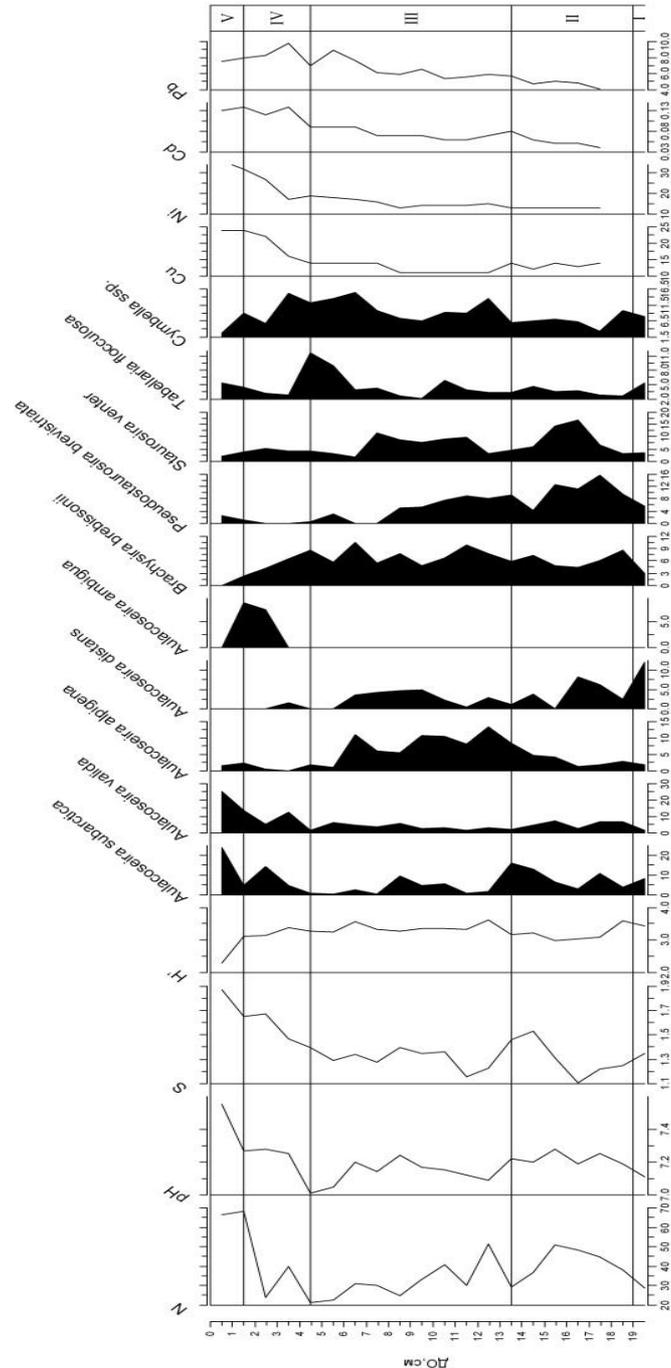


Рис. 1. Динамика некоторых показателей диатомовых комплексов в ДО оз. Щучье: N – численность створок диатомей, млн.экз./г сух.в-ва; pH – значения активной реакции воды, реконструированные по диатомовым комплексам; S – сапробность, H' – индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера, бит/экз. ; относительная численность (%) наиболее массовых видов; распределение содержания Cu, Ni, Cd, Pb (мкг/г) в ДО оз.

Щучье. Линиями отмечены основные этапы развития экосистемы водоема по результатам кластерного анализа.

Список литературы

1. Dauvalter V. Heavy metals in lake sediments of the Kola peninsula, Russia. *Sci. Total Environ.* 1994. V. 158, pp. 51-61.
2. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control—a sedimentological approach. *Water Res.*, 1980.V.14, p.975-1001.

DIATOMS AS INDICATORS OF CHANGING SEDIMENTARY ENVIRONMENTS: PALAEO-LIMNOLOGICAL ASPECT

A.V. Ludikova

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg, Russia

The study provides an overview of the diatom records for sedimentological conditions changes resulted from the water-level fluctuations of marine and freshwater basins as well as environment and climate changes during the Late Pleistocene-Holocene transition. The most common diatom-based indicators of sedimentary environment changes include 1) changing indicator species ratio, 2) changing floristic diversity and formation of mono- or oligodominated diatom assemblages, 3) shifting ecological groups ratio, and 4) changes in total diatom valves concentration values.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ КАК ИНДИКАТОРЫ СМΕНЫ УСЛОВИЙ СЕДИМЕНТАЦИИ: ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

А.В. Лудикова

Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия
ellerbeckia@yandex.ru

Приведен обзор результатов диатомового анализа, фиксирующих смену седиментационных обстановок в связи изменениями уровня морских и пресноводных бассейнов и природно-климатическими изменениями на рубеже плейстоцена – голоцена. В основу положены авторские материалы изучения колонок донных отложений малых озер таких регионов, как Гренландия, Кольский полуостров, побережье и острова Белого моря, Ленинградская, Новгородская, Тверская и Московская области), а также двух крупнейших озер европейской части РФ – Ладожского и Онежского.

В результате были выделены определенные закономерности изменения состава диатомовых комплексов, соотношения экологических групп диатомей, общего содержания створок диатомовых водорослей в донных осадках. Так, для малых озер, в прошлом являвшихся морскими заливами, смена условий осадконакопления на этапе изоляции от морского бассейна, помимо 1) изменения соотношения видов-индикаторов солености, характеризуется: 2) уменьшением флористического разнообразия и формированием моно- и олигодоминантных диатомовых комплексов; 3) изменением соотношения экологических групп по местообитанию (обрастатели / донные, планктонные / бентосные); 4) увеличением концентрации створок в отложениях на переходном и в начале постизоляционного этапа.

Изменения уровня ряда малых озер рассматриваемой выборки связаны с изоляцией от крупных пресноводных бассейнов. В этом случае смена условий осадконакопления по данным диатомового анализа маркируется: 1) изменениями состава диатомовых

комплексов, когда на смену видам-обитателям крупных глубоководных озер приходят виды, более характерные для малых водоемов; 2) уменьшением флористического разнообразия и образованием моно- и олигодоминантных диатомовых комплексов; 3) изменением соотношения экологических групп (по местообитанию, отношению к рН, трофности – в зависимости от специфики условий изолированного водоема, в первую очередь, его морфометрии и гидрохимии); 4) разнонаправленными изменениями концентрации створок (направленность обусловлена различиями в продуктивности на пред- и постизоляционном этапах, интенсивностью терригенного разбавления, сопровождающего падение уровня и изоляцию и т.д.).

Для малых водоемов, не связанных в прошлом с крупными пресноводными бассейнами, изменения уровня обусловлены различными природно-климатическими причинами, и фиксируются преимущественно: 1) изменениями соотношения планктонных и бентосных видов; 2) увеличением концентрации диатомей на этапах увеличения обводненности; 3) сокращением содержания створок в осадках в результате активизации эрозионных процессов в ходе понижения уровня.

Смена седиментационных условий на рубеже плейстоцена – голоцена отмечена 1) увеличением флористического разнообразия диатомовых комплексов, при этом в малых озерах зачастую формируются олиго- и монодоминантные комплексы; 2) в малых озерах и менее глубоководных участках больших озер – изменением соотношения планктонных и бентосных видов; 3) резким сокращением содержания переотложенных диатомей в Онежском и, в особенности, Ладожском озере (вплоть до полного исчезновения из состава диатомовых комплексов); 4) увеличением концентрации створок в донных осадках в результате повышения продуктивности водоема, уменьшения потока аллохтонного минерального материала и т.д.

Исследование частично поддерживается грантом РФФИ № 16-05-00727

BIOLOGICAL INSIGHTS INTO POLYGON TUNDRA OF THE THE INDIGIRKA LOWLAND

Liudmila A. Pestryakova^{1*}, Andrea Schneider², Lutz Schirrmeister³, Anatoly A. Bobrov⁴,
Sebastian Wetterich³

¹Department of Ecology, North-eastern Federal University Yakutsk, Russia

²Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, University of Tromsø, Norway

³Department of Periglacial Research, Alfred Wegener Institute Helmholtz Center for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany

⁴Department of Soil Science, Moscow State University, Russia

*presenting author: lapest@mail.ru

In Arctic environments, habitat conditions of wet and dry polygons are barely constrained, and the abundance and diversity terrestrial and aquatic organisms is currently documented in scattered records with incomplete ecological characterizations. In order to develop the potential of biological indicators from ice-wedge polygon tundra landscapes, the taxonomic and ecological range of species assemblages and habitat conditions were determined. Furthermore, we focused the seasonal variability of a selected site.

The study area in the Indigirka River lowland was located in the floodplain and the adjacent thermokarst-affected lowland along the Berelekh River, a tributary of the Indigirka River, 28 km northwest of the settlement of Chokurdakh near the Kytalyk WWF (World Wildlife Fund) station (70° 83' 12.1" N; 147° 48' 29.9" E).

Environmental parameters of polygonal patterned ground were monitored near the Kytalyk Station (Indigirka-Lowland, 2011-2012) in typical low- center polygons of about 20 m

in diameter, enclosed by polygon walls and frost cracks. Sensors recorded ground temperature up to one meter depth and soil moisture conditions in the active layer down to the permafrost table. The air temperature was measured at 2 m height on the polygon rim. In polygon ponds, electrical conductivity, water level and water temperature were logged during summer field seasons. All data loggers measured every 30 minutes to record diurnal cycles. Ground and air temperature records were collected for a complete year. The recorded air and water temperatures co-vary and show similar daily pattern during the monitored summer period, with a general cooling trend towards the end of the summer season. Both air and water temperatures seem to be related to water level changes and variations in electrical conductivity. Furthermore, a ground temperature differentiation in the active layer is present. Main peaks and dips follow air temperature patterns, even in the lowermost and coldest horizon of the active layer. Compared to the record from the enclosing polygon rim the temperature differentiation in the polygonal center is more distinct in the lower horizon and shows a wider temperature range. Soil moisture sensors show mostly constant over time moisture contents in the active layer. Surface soil horizons were driest, interrupted by some short term events, which point to abruptly increasing surface moisture (rainfall) that were also registered as a weaker increase in moisture in the deeper sections. The lowest sensor, which was located close to the permafrost table, did not measure the highest soil water content. This was recorded by the second lowest sensor three centimeters higher and coincides with field observations. The records obtained from two sites in north-east Siberia demonstrate that environmental parameters of polygonal patterned ground are closely linked to local weather variations and climate conditions.

Well-oxygenated and dilute ponds with slightly acidic pH hosted an abundant and diverse **ostracod** (crustacea) fauna. A total of 4849 identified ostracods from 8 species and 3 taxa represent the first record of the ostracod fauna in the Indigirka Lowland. *Fabaeformiscandona krochini* and *Fabaeformiscandona groenlandica* were documented for the first time in continental Siberia. *Fabaeformiscandona* sp. was newly found taxa holding a strong indicative potential for hydrochemical parameters. Repeated sampling of a typical low-center polygon pond revealed detailed insights in the population dynamics of *Fabaeformiscandona pedata*. Substrate properties, physical and hydrochemical conditions in the polygon ponds offered the ostracods largely homogeneous habitats. However, river flooding and differences in pond morphology resulted in variations in substrate, vegetation, hydrochemical and stable water isotope composition.

The **testate amoebae** (Protozoa: Testacealobosea and Testaceafilosea) are a group of free-living protozoans. We investigated the population of testate amoebae in across six polygons in transects from the polygon rim towards the center. The study aims at the analysis of environmental and spatial distribution patterns of testate amoebae in a polygonal tundra landscape. At each point, samples were taken from different soil horizons of the active layer. Furthermore, we studied testate amoebae communities in sediments of polygon ponds. In total, 126 samples were analyzed. The testate amoebae records obtained consist of 150 taxa at the species and intraspecific levels related to 25 genera. The number of taxa per sample varies from individual finds the permafrost table to 20 or more species and subspecies in the surface horizons. Environmental parameters that affect testate amoeba communities in arctic polygon tundra vary within the studied polygon from the rim toward the center and/or with depth. The most important controls on testacean species distribution are the moisture regime, which varied according to position within the studied polygon. The number of species increases from the polygon rim toward the center where warmer and wetter conditions prevail in a seasonally deeper thawed active layer. Along the rim-to-center gradient soil-eurybiontics and xerophiles are replaced by sphagnophiles in surface samples, and soil-eurybiontic species are replaced by hygro-hydrophiles in lower Oi and Oe soil horizons. Using the ecological indication of testacean taxa, increasing soil moisture can be only observed for the Oi and Oe horizons. Lowermost (and coldest) Bg horizons directly above the permafrost table lack testaceans.

While ostracod species distribution is rather insensitive to the location of ponds within

different landscape unit, diatom species clearly differentiate in floodplain vs. thermokarst and Yedoma habitats. Testacean species delineate soil moisture variability within single polygons. A better understanding of seasonal dynamics of ice-wedge polygons and their biological inventory supports the paleoenvironmental interpretation of fossil records in response to climate change, and allows detecting changes in modern Arctic environments.

**MAMMOTH FAUNA SITE ON THE CRYOGENIC LAKE
“BULGUNNYAKHTAKH”, UST-YANSKY DISTRICT, SAKHA REPUBLIC
(YAKUTIA)**

Plotnikov V.V.*, Mashchenko E. N.**

*Academy of Sciences Republic of Sakha, **Paleontological Institute of Russian
Academy of Sciences

The paper presents the results of field research in the framework of research "Biological aspects of the mammoth fauna", held in Ust-Jansky district of the Sakha Republic (Yakutia) in cryogenic lake 'Bulgunnyakhtakh'. In the course of research work at the location were gathered about 200 representatives of the mammoth fauna's bone remains, the composition of which corresponds to the composition of the mammoth fauna north-east of Eurasia, the late Pleistocene. Also in the work are the possible causes of death of animals found and the formation of such localities as a whole.

**МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ МАМОНТОВОЙ ФАУНЫ НА ТЕРМОКАРСТОВОМ
ОЗЕРЕ БУЛГУННЬЯХТАХ, УСТЬ-ЯНСКИЙ УЛУС, РЕСПУБЛИКА САХА
(ЯКУТИЯ)**

Плотников В.В.,* Мащенко Е.Н.**

*Государственное бюджетное учреждение Академия наук Республики Саха (Якутия);
** Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка Российской Академии наук
(Москва).

Мамонтовая фауна на территории Якутии изучается вот уже более 200 лет. Важным критерием данного факта является географические, ландшафтные и климатические условия Якутии. Как известно, в Якутии развита колоссальная по своим масштабам многолетняя мерзлота, которая является естественным «кладовым» мумифицированных и костных остатков животных мамонтовой фауны. За двести лет изучения науке стало известно довольно много факторов существования и вымирания позднеплейстоценовой мегафауны. Тем не менее, остаются довольно много не исследованных белых пятен. Таковым является тафономия захоронения остатков мамонтовой фауны на берегах термокарстовых озер. В большинстве случаев в Якутии, остатки мамонтовой фауны известные с берегов рек являются результатом накопления последних в определенные места паводковыми водами (животные могли тонуть при переходе рек весной или глубокой осенью) (Верещагин, 2002; Лазарев, 2008), а также в редких случаях деятельностью палеолитического человека (загонная охота на непрочный лед) (Верещагин, 2002; Basilyan et al., 2011). В своей книге Н.К. Верещагин (2002) описывает не сложный эксперимент, при котором он, подтянув голенища резиновых сапог, залезал в потоки жидкого грунта расплавленного июльским солнцем на склонах едом, в устья ручьев – притоков Индигирки, а также на заиленные берега полустоячих протоков и берегов озер. В условиях оттайки грунтов на берегах рек и едом особых проблем, автор выше указанной книги не встретил, т.е. даже если нога местами уходила на глубину 40-50 см в вязкий ил подошва всегда находила прочную мерзлую

опору. Таким образом, попавшее в эту «няшу» животное (шерстистый мамонт, шерстистый носорог, лошадь, лось и т.д.) вполне уверенно могла из нее выбраться. Иначе дело обстояло в некоторых озерах. Под стоячей толщей воды в них образуется так называемый талик – расплавленная толща ила в полувзвешенном состоянии, глубина которой составляет около 3-4 метров. Именно эти образования являлись природной ловушкой для некоторых крупных млекопитающих мамонтовой фауны.

В рамках работ по программе НИР «Биологические аспекты мамонтовой фауны» нами проводилось обследование озер «Булгунняхтах», Усть-Янского улуса на предмет поиска остатков животных мамонтовой фауны.

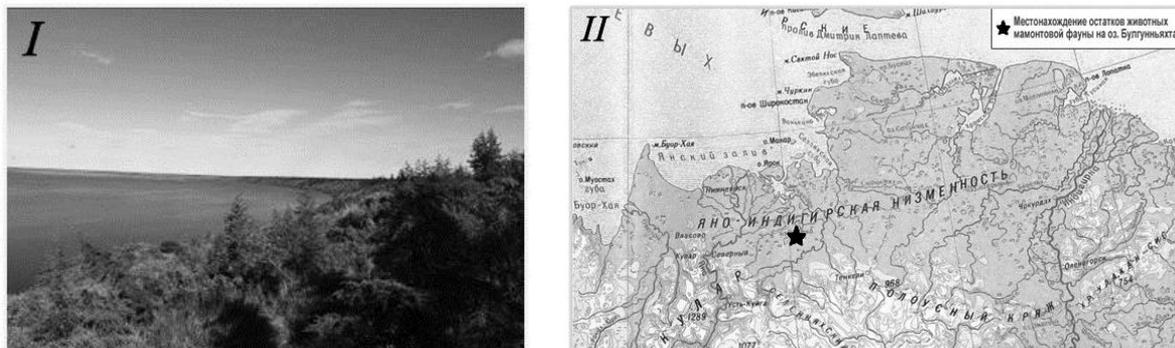


Рис. 1 Термокарстовая терраса юго-восточного берега озера Булгунняхтах. а - Общий вид юго-восточного берега; б - Карта местонахождения остатков животных мамонтовой фауны, оз. Булгунняхтах, Усть-Янский улус

Оз. Булгунняхтах является термокарстовым озером, образовавшимся в результате оттайки мощных (40 метровых) отложений, формирующих его борта и почти полностью состоящих из льда. Кровлю береговой террасы оз. Булгунняхтах слагают 60-75 см отложений лессовидных суглинков и 10-15 см современного почвенного слоя. Юго-восточный берег, максимально экспонирован в летнее время для воздействия солнца и, за счет летней (сезонной) оттайки, происходит значительная латеральная эрозия берега на всем протяжении (3.5-4 км) юго-восточного берега. Эрозия вызывает сползание блоков оттаявшей породы вниз по склону террасы до уровня воды в озере, где происходит их основной размыв (рис. 1).

Терраса юго-восточного берега (максимальная высота около 40-45 м) сложена льдом с тонкими прослоями осадков состоящих из мелкого гравия (диаметром менее 1 см) и песка. Мощность прослоев этих осадков не превышает 1.5-3.0 см.

Слои мелкого гравия и песка чередуются со слоями льда с интервалами от 10 до 30-40 см. За время работы, не было обнаружено ни одной кости, или других остатков млекопитающих мамонтовой фауны, непосредственно в ископаемых льдистых отложениях.

Кости млекопитающих были встречены только в кровле льдистой толщи, в темноокрашенных лессовидных отложениях, максимальная мощность которых около 60-70 см. Максимальная мощность современной почвы на изученном участке не превышает 15-20 см. Подобное однородное строение разреза юго-восточного берега озера Булгунняхтах прослеживается на всем протяжении 3.5-4.5 км, где проводились сборы костей. Находки костей плейстоценовых млекопитающих приурочены к темному лессовидному слою кровли 35-40 метровых льдистых отложений. Кости залегают либо в самих лессовидных отложениях, либо на контакте основания лессовидных отложений и льда. Другие кости, собраны в протаявших лессовидных суглинках, сползших в результате сезонной протайки на участке в нижней трети от высоты склона береговой террасы, и в воде непосредственно около берега.

Около 70% сборов костей происходит с участка обнажения, расположенного ближе к восточной оконечности озера (ближе к ледяному останцу-холму), расположенному на

перемычке между оз. Булгунняхтах и безымянным озером. Около 15% костей собрано со дна прибрежной части озера (0 - 20-25 м от берега). Еще около 15% костей обнаружено на других участках юго-восточного берега озера, на протяжении 3-3.5 км. По нашим наблюдениям, кости не образуют крупных скоплений и распределены равномерно. При этом точно установлено, что на двух участках встречаются группы костей, относящиеся к одному скелету шерстистого мамонта (найденные кости не имели анатомического расположения из-за перемещения блоков вмещающих их пород вниз по склону). Всего было встречено три подобные группы костей: длинные кости из скелета крупного самца шерстистого мамонта; фрагмент скелета старой самки; фрагмент скелета половозрелой молодой самки.

Видовой состав млекопитающих мест. Булгунняхтах показывает, что данная фауна является вариантом мамонтовой фауны северо-востока Евразии. Она включает в себя хоботных (шерстистый мамонт), непарнопалых (плейстоценовая лошадь, шерстистый носорог), парнопалых (первобытный бизон, овцебык, северный олень) и хищных млекопитающих (волк, песец, медведь).

Собранные материалы позволяют сделать некоторые заключения о сезонности гибели животных в этом районе. Все рога северного оленя представляют собой сброшенные рога, что указывает на сезон года, в который могла происходить гибель этого вида млекопитающих в районе местонахождения Булгунняхтах.

По аналогии с современным северным оленем, это мог быть либо конец весны, либо начало лета. Кроме северного оленя, о гибели млекопитающих в районе местонахождения Булгунняхтах весной, или в начале лета, говорит фрагмент плечевой кости детеныша лошади, возраст которого, скорее всего, не превышает 2-х месяцев. Еще одним свидетельством гибели животных именно в указанный сезон, является череп новорожденного детеныша шерстистого носорога с полевым номером УЯУ-1.

Шерстистый мамонт представляет наибольшее количество костей найденных в местонахождении. Представлены остатки как половозрелых, старых особей: самцов и самок, так и остатками детенышей (3 особи от 1 до 3-4-х лет). Общее количество особей может быть 10. Из них 3 самца (все половозрелые, два старых и один молодой, с не приросшими эпифизами длинных костей конечностей), 4 самки (все половозрелые, 3 самки с приросшими эпифизами длинных костей конечностей и одна самка с не приросшими эпифизами), 3 детеныша (1 приблизительно годовалый и 2 детеныша от 2 до 3-4 лет). Отмечен значительный половой диморфизм в размерах длинных костей конечностей самцов и самок. У полностью выросших особей с приросшими и эпифизами длинных костей конечностей и облитерированными эпифизарными швами он, видимо, достигает 40-45%.

Полученные данные по радиоуглеродной датировке показывают значение 26170 ± 150 (GrA-57033), относящегося к каргинскому времени (25-60 тыс. лет назад). Это было время всеобщего потепления на Севере, к нему относится большая часть трупов и скелетов мамонтов, найденных в Якутии.

Одной аналогичных находок последних лет является туша Юкагирского степного бизона, которая была найдена на берегу термокарстового озера Чукчалах, Яно-Индибирская низменность. Радиоуглеродная датировка показала ранний голоцен - 9310 ± 45 лет назад (GrA-53290), время повсеместного потепления климата (Боесков и др., 2013). Туша бизона сохранилось в превосходном состоянии. Следов когтей и зубов хищников на нем не было обнаружено. При вскрытии было установлено, что у бизона не было подкожного жира, т.е. животное было истощено. Гибель животного произошла поздней осенью (Serdyuk et al., 2016).

Очевидно, во времена потеплений климата (каргинский интерстадиал, ранний голоцен), более того в теплое время года (весна, осень) на термокарстовых озерах создавались множество топких мест, т.н. «природные ловушки», в которых часто гибли животные мамонтовой фауны. Видимо, в некоторых случаях проваливание животных в

талик происходило довольно быстро, тем самым «консервируя» жертву от разложения и поедания хищниками на десятки тысяч лет. Тем не менее, данный природный фактор не может позиционироваться как причина массового вымирания животных мамонтовой фауны в целом. Таким образом, всестороннее изучение термокарстовых озер Якутии имеет большие перспективы для понимания природных условий позднего плейстоцена.

Список литературы

1. Боескоров Г.Г., Протопопов А.В., Машенко Е.Н., Потапова О.Р., Тихонов А.Н., Кузнецова Т.В., Плотников В.В., Фишер Д., Агенброд Л., Григорьев С.Е., Белолобский Н.И., Томшин М.Д., Щелчкова М.В., Шапиро Б., Колесов С.Н., Сергеенко А.И., Буиг Б. Предварительные данные об уникальных находках млекопитающих ледникового периода на Яно-Индибирской низменности // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. Т.9. №4. 2013. С. 10-16.
2. Верещагин Н.К. От ондатры до мамонта. Путь зоолога. – СПб.: изд-во «Астерион», 2002. – 336 с.
3. Basilyan A.E., Anisimov M.A., Nikolskiy P.A., Pitulko V.V. Woolly mammoth mass accumulation next to the Paleolithic Yana RHS site, Arctic Siberia: its geology, age, and relation to past human activity // Journal of Archaeological Science. – 2011. – Vol. 38. P. 2461-2474.
4. Serdyuk N. V., Potapova O. R., Kharlamova A. S., Maschenko E. N., Kirikov K. S., Pavlove I. S., Protopopov A. V., Plotnikov V. V., Kolesov S. D., Klimovskii A. I. New Data on the Internal Organs of a Frozen Yukagir Bison Mummy (*Bison priscus* Bojanus, 1827), Yakutia, Russia// Doklady Biological Sciences, 2016, Vol. 467, pp. 89–92.

CLIMATIC FORCING OF LAKE CATCHMENT AND LAKE BASIN DEVELOPMENT DURING THE LAST GLACIAL TO HOLOCENE TRANSITION. A MULTI-PROXY STUDY FROM THE CZECH REPUBLIC.

Petr Pokorný¹, Jan Hošek^{1,2,3}, Jindřich Prach^{1,4}

¹Center for Theoretical Study, Charles University in Prague, Jilská 1, Praha 1, Czech Republic

²Institute of Geology and Paleontology, Faculty of Science, Charles University in Prague, Albertov 6, Prague 2, Czech Republic

³Czech Geological Survey, Klárov 3, Prague 1, Czech Republic

⁴Department of Botany, Faculty of Science, Charles University in Prague, Benátská 2, Prague 2, Czech Republic

One important palaeogeographic feature of the area of present Czech Republic (Central Europe; Fig. 1) is its location outside major Quaternary glaciations. Regardless this fact we have discovered in this country a prominent cluster of ancient lakes and dated their origin to the Late Pleniglacial (~16ky BP). Interpretation of the origin of these lakes is obviously non-trivial. No single plausible theory - neither the tectonic, nor the thermokarst one – got clear support up to these days from us and from other local scholars. We hope in a fruitful discussion of this topic from the site of those Conference participants, who are familiar with the situation in continental geographic/climatic settings, analogous to ones reconstructed for the area of eastern-central Europe during Last Glacial – Holocene transition.

Despite this above given uncertainty, it is a matter of fact that thick and uninterrupted sedimentary sequences are found in the lake basins under our study. These sediments represent a unique opportunity to investigate in high-resolution the Late Glacial and Holocene palaeoenvironmental history of this yet understudied, but important area, located in the eventful rim of Eurasia. Our main focus is on the interface between (i) rapid climatic changes of the Last Glacial – Holocene transition, (ii) vegetation - soil environments in the catchment, (iii)

erosion processes, and (iv) palaeolimnological processes and events. Fortunately for our research, this interface has shown to be extremely sensitive, enabling the detection of even minor environmental variations of the past and permitting the comparison of our findings in the oceanic – continental transition zone in the Central Europe with other records including the Greenland ice cores (Fig. 2).

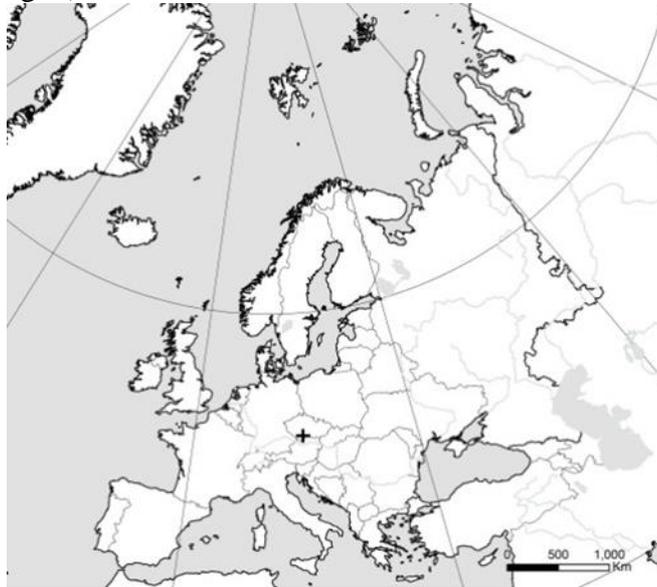
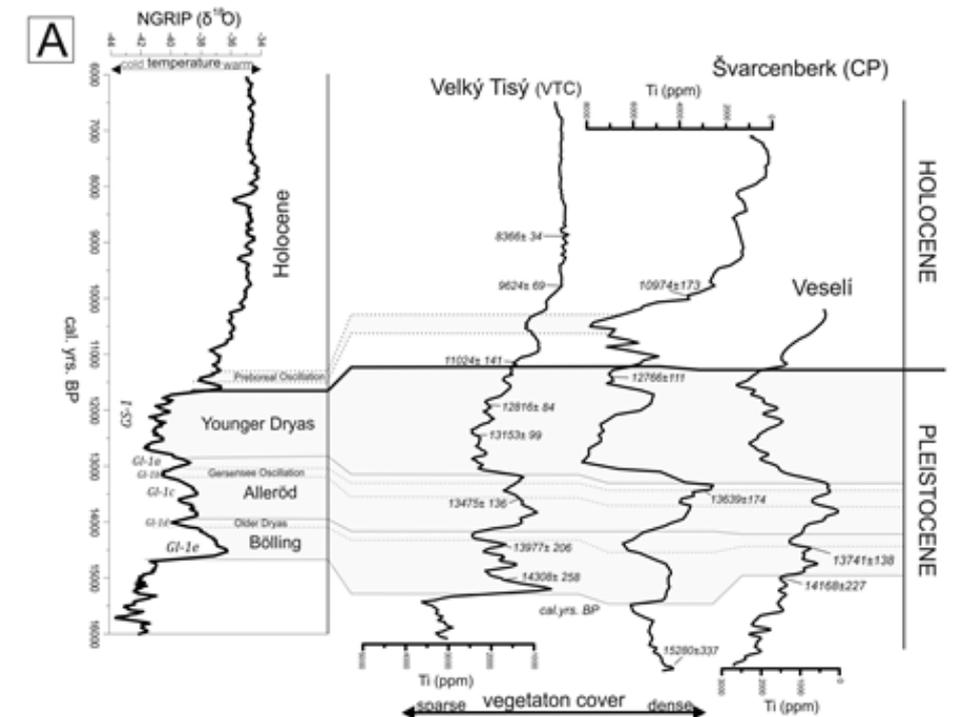


Fig. 1: Location of the study area (indicated by cross; approx. 15°E, 49°N) in the contour map of Europe

The main contribution of our research we consider the development of a consistent analytical protocol that permits to disclose causal relationships between the above four sub-systems and to distinguish external forcing factors from internal reactions of the ecosystem. This would be a subject of general interest, if this protocol would also apply to other lake systems situated in different environments and/or in geographically distant areas.



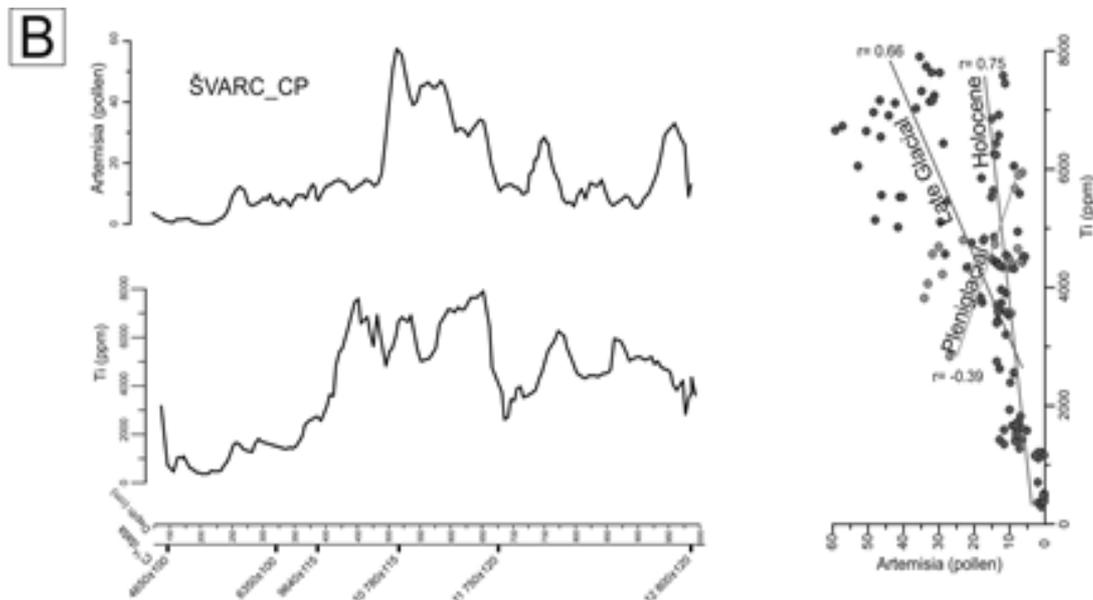


Fig. 2: (A) Stratigraphic variations in titanium (Ti) concentrations measured in sediments of three nearby lakes. Depth profiles of Ti show similar broad pattern in all study sites and allow correlating individual cores. AMS dating supports this correlation. Since Ti is a good indicator of allochthonous component of the lake sediment, its variations are connected with erosion intensity in the catchment. Past erosion processes were driven by vegetation cover, as implicated by quasi-correlation of Ti with *Artemisia* pollen percentages (B). Good correlation with NGRIP oxygen isotope record suggests that all three studied lake systems sensitively reacted to the Late Glacial climatic oscillations as reconstructed for the North Atlantic realm.

This research has been supported by Czech Science Foundation (project no. 13-08169S) and by the Charles University in Prague (project GA UK no. 1472214).

GIS-RECONSTRUCTIONS OF THE ONEGO LAKE DEVELOPMENT IN THE LATE-GLACIAL PERIOD

Potakhin M.S.¹, Subetto D. A.¹, Zobkov M.B.¹, Tarasov A.Y.², Gurbich V.A.¹

¹Institute of the North industrial environmental problems, Kola Science Center, RAS

²Institute of Language, Literature and History of Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences

Palaeogeographical reconstructions of the Onego ice-dammed lake development ca 14500-12300 yrs BP were based on the GIS approach. The palaeo-water-level surfaces were interpolated using a point-kriging approach. 14500-14000 Yrs BP: An ice-dammed lake occupied the southern part of the Lake Onego depression. The level of this lake was at 130-120 m a.s.l. and was controlled by a threshold of the water divide between the River Oshta and River Oyat'. The surface area of the ice-dammed lake was 2800 sq.km. 14000-13200 Yrs BP: When the ice melted away from the mouth of the River Svir, the lake level dropped to 85-80 m a.s.l. and runoff was directed into the Lake Ladoga. The surface area was 14 000 sq.km. 13200-12300 Yrs BP: As the glacier retreated from the Lake Onego depression, the ice-dammed lake was occupied it and reached the maximum sizes (the surface area was 33 000 sq.km).

РЕКОНСТРУКЦИЯ РАЗВИТИЯ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ ГИС-МЕТОДАМИ

Потахин М.С.¹, Субетто Д.А.¹, Зобков М.Б.¹, Тарасов А.Ю.², Гурбич В.А.¹

¹ Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

² Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН

Онежское озеро — второй по величине пресноводный водоем Европы с площадью водной поверхности более 9700 км². Его котловина расположена в глубокой тектонической депрессии на границе двух геологических структур — Фенноскандинавского кристаллического щита и Русской плиты. На протяжении плейстоценовых скандинавских оледенений она неоднократно была вмещением ледниковых потоков, а в межледниковые периоды морских и пресноводных водоемов [7]. В настоящее время существует ряд авторских моделей развития котловины Онежского озера в позднеледниковье. К ним относятся работы Б. Ф. Землякова [4], М. Н. Порывкина [8], Г. С. Бискэ [1], Д. Д. Квасова [5], М. Saarnisto [10], И. Н. Демидова [2; 3] и др. Все эти модели по-разному оценивают уровни и размеры Онежского приледникового озера (ОПО), а так же гляциоизостатическое поднятие его берегов.

Реконструкция развития Онежского озера была проведена с помощью современных геоинформационных систем (ГИС) на основе разработанной цифровой модели рельефа (ЦМР), содержащей котловину водоема и его водосбор. Для построения ЦМР в качестве основного рабочего инструмента использовалось программное обеспечение (ПО) фирмы ESRI (ArcGisforDesktop 10.2 с пакетом SpatialAnalysis). Цифровая модель рельефа водосборной территории была взята с Интернет-ресурса «Viewfinder Panoramas» [9]. Данная ЦМР создана автором сайта Jonathan de Ferranti на основе USGS STRM DEM с пространственным разрешением 90 м. Данные о строении котловины получены с навигационных карт Онежского озера. Привязка положения береговой линии и островов осуществлялась при помощи спутниковых снимков пространственным разрешением 50 м. Промеры глубин были оцифрованы в проекции UTM Merkator WGS 84, зона 36 для северного полушария. Расчет сетчатого файла производился в ГИС Surfer 10 с использованием метода Кригинга, шаг сетки составлял 20 м. Затем ЦМР водосбора и котловины озера были совмещены с помощью ПО ArcGis for Desktop 10.2, пространственное разрешение получившегося растра составило 90 м. Растр геостатического поднятия рассчитывался только для одного временного интервала (13 300 л.н.) путем интерполяции высотных данных трехмерным полиномом 1-й степени с использованием ПО Surfer 10. При этом в качестве входных данных для растра использовалась разность палеоуровня и современного уровня озера. Далее производилось вычитание растра геостатического поднятия из растра водосборной территории, содержащего котловину озера. Палеоуровень озера строится по современной отметке уреза воды (33 м) для периода 13 300 л.н, а для других временных интервалов путем построения изолиний по отметкам $33 \text{ м} \pm \Delta h$, где Δh — разница в положении вертикальных отметок исследуемого периода и 13 300 л.н.

Отметки уровня водоема в различные геологические периоды взяты из базы данных PaleoOnego, обобщающей сведения по колонкам донных отложений озер расположенных в пределах и непосредственной близости границ максимальной стадии развития ОПО. В настоящее время база данных включает описание 60 разрезов донных отложений (по 50 разрезам данные получены из архивных и литературных источников, по 10 — в ходе проведения экспедиционных работ в течение 2014-2016 гг.). В качестве исходной концепции для палеореконструкций была принята модель дегляциации котловины Онежского озера, предложенная И. Н. Демидовым [2; 3]. Она включает шесть основных этапов развития котловины озера в позднеледниковье, которые были реконструированы по приведенной выше методике (рис. a-f).

I этап (начало формирования приледникового водоема). Потепление климата в бёллинговом межсезонье обусловило интенсивное таяние ледника, он отступил от краевых образований лужской стадии и в районе южного побережья современного

Онежского озера стал формироваться приледниковый водоем. Возможно, на самых ранних этапах развития ОПО входило в систему Верхневолжских озер, для которых был характерен уровень 120-130 м [5]. Около 14,5-14,4 тыс. л.н. произошло открытие стока в бассейн Балтики по долине рек Ошта — Тукша — Оять [3] и снижение уровня водоема (со 120 до 106 м) в результате размыва рыхлых отложений развитых на пороге стока. Площадь водоема в этот период не превышала 2800 км² (рис. а).

II этап (освобождение котловины озера). Продолжающееся в аллёрде потепление способствовало таянию ледника и постепенному освобождению озерной котловины ото льда. Около 14,3 тыс. л.н. край ледника отступил из долины р. Свири и ОПО получило новый, более низкий порог стока [11]. В результате уровень водоема в южной части упал до 85-75 м и сохранялся на этих отметках на протяжении почти 900 лет [2]. Около 14,0 тыс. л.н. северная часть озерной котловины, включая Заонежский полуостров, все еще была занята льдом [3]. На северо-западе край ледника протягивался вдоль северных границ Шуйской низменности, где в это время существовал приледниковый водоем. Площадь водоема на этом этапе превысила 14 000 км² (рис. б).

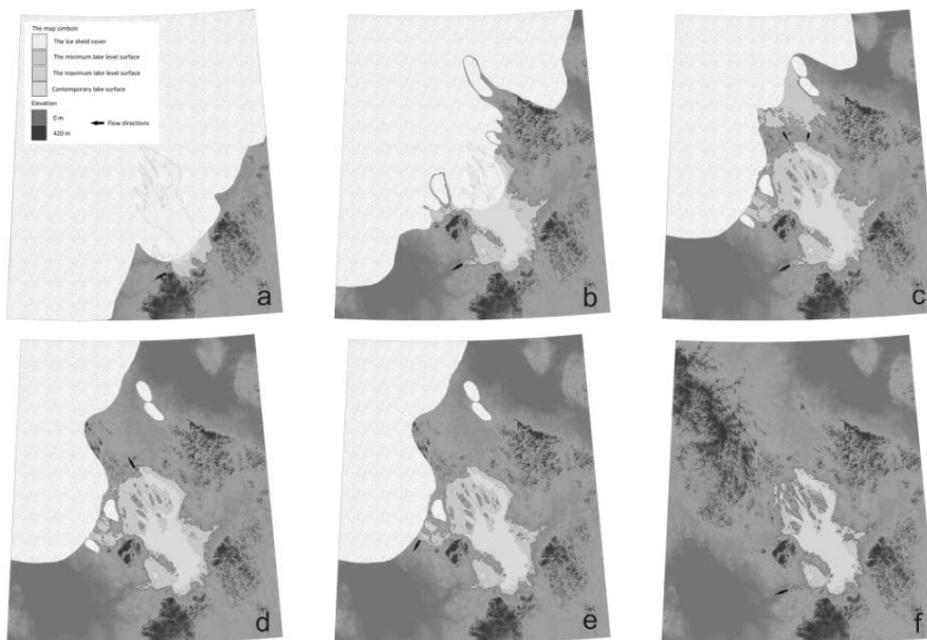


Рис. Изменение очертаний береговой линии Онежского озера в позднеледниковье

III этап (максимальное развитие приледникового озера). К концу аллёрда ОПО достигло максимальных размеров и вышло далеко на север за пределы современного водосбора. Край ледника протягивался от северного побережья Ладожского озера к Белому морю, при этом водоем оставался прогляциальным и непосредственно контактировал с краем ледника на западных побережьях Выгозера, Сегозера, Сямозера, Шотозера. Он включал современные озерные котловины Сегозера и Выгозера в пределах абсолютных высот от 140 м на западе до 115 м на востоке, Шуйскую низменность (до отметок 120-130 м) и значительные площади Водлинской и Ивинской низменностей [2; 10; 5]. В районе Медвежьегорска и Петрозаводска уровень ОПО достигал 120-125 м, в южном Прионежье — 85-75 м, в этот период на дне водоема отлагались типичные ленточные глины. Площадь водоема в этот период достигла 33 000 км² (рис. с), превысив современные размеры более чем в три раза.

IV этап (I-я регрессия). В конце аллёрда — начале позднего дриаса произошла масштабная регрессия ОПО, которая отразилась на строении береговых и донных образований водоема. Она происходила не в один, как предполагалось ранее, а в два этапа [3]. Об этом свидетельствует строение и положение высотных отметок порогов

стока и основных флювиогляциальных дельт, а также положение края ледника во время регрессии. На первом этапе озеро получило новый порог стока в котловину Белого моря, его уровень снизился не более чем на 10 м, и определялся высотой порога стока на Онежско-Выгозерском водоразделе. От ОПО отделились котловины Сегозера и Выгозера, площадь водоема сократилась почти в полтора раза до 26 000 км² (рис. d).

V этап (II-я регрессия). На втором этапе ОПО получило новый порог стока в Ладожское озеро через северную часть Онежско-Ладожского водораздела. Уровень озера упал примерно на 15 м, после чего на протяжении почти всего позднего дриаса наступил длительный период его стабилизации [2]. Площадь водоема сократилась до 24 000 км² (рис. e). В результате регрессии и кардинальной смены направления течений изменилась гидрохимическая обстановка на границе вода-донные отложения, что вызвало окисление приповерхностного горизонта донных осадков и формирование горизонта розовато-коричневатых ленточных глин («розового» горизонта) мощностью 10-15 см, распространенного практически по всей территории ОПО [3].

VI этап (III-я регрессия). В конце позднего дриаса, после возобновления стока через р. Свирь в Ладожское озеро, произошла очередная регрессия Онежского озера, уже потерявшего связь со ступившим на запад краем ледника [3]. Она вызвала падение уровня водоема примерно на 20 м, что привело к осушению больших площадей в береговой зоне и значительному врезанию рек. Площадь водоема сократилась до 18 000 км² (рис. f).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00766)

Список литературы

1. Бискэ Г.С., Лак Г.Ц., Лукашов А.Д. и др. Строеение и история котловины Онежского озера. Петрозаводск, 1971. 74 с.
2. Демидов И.Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134-142.
3. Демидов И.Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменении его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 171-182.
4. Земляков Б.Ф. Четвертичная геология Карелии. Петрозаводск, 1936. 103 с.
5. Квасов Д.Д. Происхождение котловины Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 7-40.
6. Марков К.К. Геохронологические исследования в Карельской АССР // Природа. 1931. № 4. С. 377-402.
7. Онежское озеро. Атлас. / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 151 с.
8. Порывкин М.Н. Образование поперечных террас реки Вытегра и история развития Онежского озера // Труды Гидропроекта. Сб. 3. М., 1960. С. 221-233.
9. Ferranti, J. Digital Elevation Data. [Электронный ресурс] // viewfinderpanoramas.orgинформ.-справочный портал. 2014. URL: <http://viewfinderpanoramas.org/dem3.html> (дата обращения: 25.04.2016).
10. Saarnisto M., Gronlund T., Ekman I. Lateglacial of Lake Onega — contribution to the history of the eastern Baltic basin // Quaternary International. 1995. Vol. 27. P. 111-120.
11. Saarnisto M., Saarinen T. Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the lake Onega basin to the Salpausselkya End Moraine // Global and Planetary Changes. 31. Elsevier Science. 2001. P. 333-405.

LATE GLACIAL AND HOLOCENE EVOLUTION OF LAKE SYARGOZERO BASED ON MICROPALAEONTOLOGICAL EVIDENCE (ONEGA LAKE BASIN, KARELIA, RUSSIA)

Shelekhova T. S.,^{1,2} Lavrova N.B.,^{1,2} Subetto D.A.²

¹Institute of Geology, Karelian Research Centre, RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

²Institute of Water Problems in the North, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia.

Bottom sediments from Lake Syargozero, located in the Onega Lake basin, were analyzed to trace the paleoecological conditions in which the adjacent territory was evolving from Late Glacial to Subatlantic time. Analysis has shown that diatomic flora did not evolve in Late Glacial time, when varved and massive clays were accumulating. It began to form in Preboreal time. Lake Syargozero separated from Lake Onega in Boreal time. Analytical results will increase our knowledge of the composition of Onega Lake diatomic complexes, especially in Preboreal and Boreal time.

РАЗВИТИЕ ОЗЕРА СЯРГОЗЕРО В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ ПО МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ (БАССЕЙН ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА, КАРЕЛИЯ, РОССИЯ)

Шелехова Т. С.,^{1,2} Лаврова Н.Б.,^{1,2} Субетто Д.А.²

¹ФГБУН Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, республика Карелия, Россия.

²ФГБУН Институт водных проблем Севера г. Петрозаводск, республика Карелия, Россия.

Озеро Сяргозеро (абс. отм. уреза воды 48,4м) расположено в пределах водосбора Онежского озера. В позднеледниковье оно являлось частью Онежского приледникового озера (ОПО). С целью палеоэкологических и палеоклиматических реконструкций, а также получения дополнительных данных об изменении уровня ОПО в позднеледниковье и голоцене в центре данного озера (62,45°с.ш., 34,91°в.д.) была пробурена скважина и получен керн донных осадков, представленных различными типами донных отложений. Снизу вверх с гл. 10,8-7,0м вскрыты глины, в том числе ленточные, гл. 7,0-6,88м – алеврит с большим количеством органики (сапропеля) - переходный слой от минерогенных отложений к органогенным; 6,88-6,82м – слой уплотненных оливковых сапропелей, переходящий в менее плотные; 6,82-6,40 слой темно-коричневых сапропелей; 6,40-6,0м – слабо уплотненные черные сапропели. Снизу вверх послойно были отобраны образцы на спорово-пыльцевой и диатомовый анализы, в результате которых выделены палино- (PZ) и диатомовые зоны (DZ), соответствующие различным временным интервалам позднеледниковья и голоцена. Всего в осадках определено 89 таксонов растений, около 100 - диатомовых водорослей, выделено 6 PZ и 8 DZ.

DZ-1 (гл. 10,8-10,3м) выделена в глине, где было исследовано 5 образцов с интервалом 10см. Однако створки диатомовых выявлены только в трех образцах на гл. 10,8, 10,7, 10,4м, в которых обнаружены обломки переотложенной морской формы *Paralia sulcata* с различным ее содержанием по глубинам. Кроме них встречается много неопределимых фрагментов дочетвертичных морских створок. Все это говорит о том, что в водоем поступал переработанный и переотложенный материал, а вместе с ним и остатки более ранней диатомовой флоры. Из пресноводных доминантов следует отметить разнообразные виды рода *Fragilaria sp.* (*F. brevistriata*, *F. lancettula*, *F. construens*, *F. binodis*). Планктонный комплекс представлен видами *Aulacoseira alpigena*,

A.islandica, *A.distans*, *A.ambigua* и *Cyclotella comta*, *C.comensis*, *C.stelligera*. Среди донных форм выявлены единичные створки родов *Gyrosigma*, *Frustulia*, *Stauroneis*, *Pinnularia*, *Navicula*, с доминантом *N.schoenfeldii*. Также немногочисленны и некоторые формы обрастаний: *Achnanthes*, *Cymbella*, *Epithemia*. В данном горизонте выделяются слои с отсутствием ископаемой диатомовой флоры (гл. 10,6-10,4м; 10,3-9,9м), что очень характерно для позднеледниковых отложений ОПО и может свидетельствовать о крайне неблагоприятных условиях для развития водорослей из-за близости края ледника.

DZ-2 (гл. 10,3-8,0м) выделена в ленточных глинах, постепенно переходящих в массивные глины, где наблюдается лишь единичное присутствие плохо сохранившихся переотложенных морских форм *Paralia sp.*, *Stephanodiscus sp.* и створок пресноводных видов *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira islandica*, *Pinnularia streptoraphe*, *Tabellaria flocculosa*, *Fragilaria construens*, *F.brevistriata*. (Только в образце гл. 7,95-8,0 численность диатомей возрастает, а доля видов рода *Fragilaria* достигает 50%). По результатам спорово-пыльцевого анализа на гл. 10,8-8,0 м выделены нерасчлененные осадки позднеледниковья. По своим палинологическим характеристикам спорово-пыльцевые спектры (СПС) отложений мало отличимы друг от друга, что может быть связано с положением разреза в крайне приледниковых условиях, где охлаждающее влияние ледника весьма существенно сказывается на растительности. В общем составе спорово-пыльцевой диаграммы (СПД) преобладает пыльца травянистых (главным образом *Artemisia*). Определена ископаемая флора, присущая позднеледниковым растительным сообществам: *Hippophae rhamnoides*, *Ephedra*, *Helianthemum*, *Dryas octopetala* и др. Спектры засорены как переотложенной, так и дальнезаносной пылью растений. Об интенсивных процессах переотложения свидетельствуют зафиксированные дочетвертичные спороморфы. Таким образом, вывод о принадлежности данного интервала к позднеледниковью подтверждается обоими методами.

DZ-3 (гл.7,95-7,7м) выделена в серых массивных глинах. Диатомовая флора данной зоны резко отличается от предыдущей в качественном и в количественном отношении. Во-первых, доля неопределимых обломков переотложенных морских форм в отложениях значительно сократилась (с 50 до 5%), кроме этого произошла резкая смена доминантов: ранее доминирующие перифитонные виды рода *Fragilaria* вытесняются холодноводными планктонными *Ellerbeckia arenaria* (70%) и донными легкими галофилами *Gyrosigma acuminatum* (20%). Остальные виды, обрастатели *Achnanthes*, *Cocconeis* и донные *Diploneis*, *Navicula*, появляясь в конце зоны, не превышают в общем составе флоры 2-4%.

DZ-4 (Гл.7,65-7,0м) выделена в слое массивной неслоистой серой глины сменяющейся вверху зоны на массивную серо-грязную глину (7,31-7,0) (с муаровыми текстурами). Состав диатомового комплекса вновь заметно изменился: доминировать стали донные формы рода *Navicula* (*Navicula scutelloides*, *N.jentzschii*) - до 50%, заметно снизилась роль *Ellerbeckia* (до 20-2%), в меньшей степени *Gyrosigma*. В начале этапа (гл.7,65-7,40м) выросла доля донных *Diploneis*, в качестве доминантов появились различные *Fragilaria*. Все эти изменения в структуре диатомового комплекса позволяют говорить о снижении уровня водоема, формировании зоны литорали, зарастающей прибрежной растительностью. Отложения, соответствующие DZ3 и DZ4 по данным спорово-пыльцевого анализа формировались в условиях пребореального времени, которое характеризуется нарастанием в СПС количества пыльцы древесных пород (главным образом, *Betula sect.Albae*,) на фоне увеличения спор *Bryales* и *Polypodiaceae*, а также весомым вкладом пыльцы кустарничков (*Betula nana*, *Salix*, *Ericales*, *Juniperus*), значимым присутствием пыльцы *Syringaceae* и *Roaceae* и реликтов позднеледникового времени *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Hippophae rhamnoides*, *Ephedra*. В это время начали распространяться березовые редколесья (*Betula czerepanovii*, *B. pubescens*), возможно, с небольшой примесью *Pinus sylvestris* и наземным покровом из *Betula nana*, *Salix*, *Ericales*, *Bryales*, *Lycopodiaceae*. Во влажных местообитаниях преимущественное

развитие имели крупнотравные березовые редколесья с *Alnus incana*, со злаками и папоротниками.

DZ-5 (Гл.7,0-6,8м) выделена в серых глинистых сапропелях (глинистой гиттии), сменивших глины с муаровыми текстурами. В структуре диатомового комплекса вновь произошла резкая смена с доминированием холодолюбивых видов *Ellerbeckia arenaria*, донных легких галофилов *Gyrosigma acuminatum*, прежних диатомовых рода *Navicula*, заметно снизившейся доли *Fragilaria*. Преобладание донных форм (около 90%) – явный признак снижения уровня водоема. Резкая смена в осадках и составе флоры может быть признаком снижения уровня ОПО и отделения водоема, сухости климата в бореале. Самые низкие уровни водоемов наблюдаются в бореальное время по всей Карелии. По результатам спорово-пыльцевого анализа доминантом СПС в этой DZ является пыльца *Pinus*, господствующее положение которой свидетельствует о холодных и сухих условиях бореала, а увеличение количества пыльцы водных и прибрежно-водных растений (*Cyperaceae*, *Potamogeton*, *Typha latifolia*) являются результатом образования мелководных заливов в результате регрессии.

DZ-6 (Гл.6,8-6,3м) – время накопления темно-коричневых слабо уплотненных сапропелей (гиттии). Состав диатомового комплекса вновь резко меняется: полного господства достигают здесь виды обрастаний из рода *Fragilaria* (до 90%), появляются мелкие формы обрастаний *Achnanthes*, а среди доминантов - планктонные формы из рода *Aulacoseira* (*A. distans*, *A. ambigua*), характерные для малых водоемов и исчезают холодолюбивые *Ellerbeckia arenaria*, донные *Gyrosigma*. Это свидетельствует о том, что климатические условия стали значительно теплее, улучшилась прогреваемость водоема, возросла вегетация эпифитов. Все стало возможным во время теплого атлантического времени, что подтверждается результатами спорово-пыльцевого анализа. Явным признаком потепления, характерного для атлантического времени (АТ), является увеличение на данном отрезке количества пыльцы термофильных древесных пород, а также *Corylus* и *Alnus glutinosa*. Зональная растительность в АТ-периоде приобретает южнотаежный облик.

DZ-7 (гл. 6,3-6,0м) – накопление сапропелей, в которых доля прежних доминантов из обрастаний рода *Fragilaria* снижается с 90 до 50%, существенную роль играют планктонные небольших водоемов *Aulacoseira granulata*, *A. italica*, *A. ambigua*, достигая к концу этапа 40%. В составе комплекса присутствуют *Achnanthes* (10%), *Navicula* (с 2 до 20%). Донные *Amphora*, *Pinnularia*, *Surirella* – единичны. Такая структура диатомового комплекса свидетельствует о снижении уровня озера в суббореале (SB). По спорово-пыльцевым данным (гл.6,37-6,10 м) граница между АТ периодом и SB проведена под минимальными значениями пыльцы термофильных пород в СПС, вторая половина периода в СПС характеризуется максимальными значениями пыльцы *Picea*. Наибольшее распространение в SB получили сосново-еловые и еловые зеленомошные леса, с участием широколиственных пород, которые также присутствовали в березово-черноольховых и елово-черноольховых влажных лесах.

DZ-8 (гл. 6,0-4,5м) выделена в слое разжиженных сапропелей, где выявлены планктонные доминанты *Aulacoseira* (до 60%), обрастатели *Fragilaria* – 40%. Уровень водоема незначительно повышается, наблюдается некоторое обводнение, зарастание берегов. Вероятно, хорошая прогреваемость вод летом способствует бурному цветению эпифитов. В СПС отмечается уменьшение доли пыльцы *Picea* и увеличение *Pinus*. На изучаемой территории произрастали среднетаежные елово-сосновые леса с участием березы. Следует отметить, что и в настоящее время на Заонежском п-ве на местообитаниях с богатыми почвами встречаются *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*, *U. scabra*.

Проведенные исследования позволили дополнить имеющиеся сведения по составу диатомовых комплексов позднеледниковья и голоцена в бассейне Онежского озера.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история, освоение человеком и современное состояние».

DISPERSAL AND HYBRIDIZATION OF SIBERIAN WHITEFISH *COREGONUS LAVARETUS PIDSCHIAN* (GMELIN) IN THE ARCTIC WATER BODIES DURING THE LATE PLEISTOCENE

Zakharov E.S.¹, Pestryakova L.A.², Bochkarev N.A.³, Zuykova E.I.³, Romanov V.I.⁴, Politov D.V.⁵

¹ Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk

² M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk

³ Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk

⁴ National Research Tomsk State University, Tomsk

⁵ Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow

The results of conducted morphological and genetic analyses state the oncoming migration induced hybridization of several divergent mitochondrial lineages of the white fish in water bodies of the northern Arctic and adjacent territories during the post-glacial period. The study of ND1 gene in mtDNA proves the sympatric existence of two ecological forms/species of the white fish in water bodies of the Anabar River basin.

РАССЕЛЕНИЕ И ГИБРИДИЗАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ПЫЖЬЯНОВИДНЫХ СИГОВ (*COREGONUS LAVARETUS PIDSCHIAN*) В АРКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМАХ СИБИРИ В ПЕРИОД ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА

Захаров Е.С.¹, Пестрякова Л.А.², Бочкарев Н.А.³, Зуйкова Е.И.³, Романов В.И.⁴, Д.В. Политов В.Д.⁵

¹Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

²ФГАОУ ВПО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Амосова, Якутск

³Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск

⁴Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

⁵Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва

Сиг-пыжьян *C. lavaretus pidschian* (Gmelin, 1788) – один из самых распространенных видов (видовых комплексов) сиговых рыб в водоемах Якутии и сопредельных территорий. Несмотря на широкое распространение вида и высокую численность популяций, его изученность довольно фрагментарна. Главным образом исследования сводились к описанию новых популяций/форм/видов сигов, которые основывались на сравнительных морфологических, экологических и биологических анализах (Световидов, 1934; Михин, 1955; Вершинин, 1961; Новиков, 1966; Скрябин, 1977; Кириллов, 1955, 1962, 1964, 1972; Калашников, 1968; Карасев, 1988; Кириллов и др., 2011). В Южной Сибири наибольшее число экологических форм и видов сигов зарегистрировано в озерах бассейнов рек Витим (Орон, Капылюши, Доронг, Баунт) и Большой Енисей (Нойон-Холь, Борзу-Холь, Кадыш, Тоджа, Додот) (Иоганзен, Моисеев, 1955; Лобовикова, 1959; Кирилов, 1972; Скрябин, 1977; Гундризер, 1978; Бочкарев, Зуйкова, 2009; Бочкарев, Зуйкова, 2010а; 2010б; Bochkarev et al., 2011; 2013).

В Сибирской Арктике описано значительно меньше экологических форм пыжьяновидных сигов. В оз. Таймыр зарегистрировано три экологических формы/вида пыжьяновидных сигов, а именно: сиг-пыжьян, озерная форма *C. l. pidschian patio taimyrensis* и озерно-речная форма *C. l. pidschian patio logaschevi* (Михин 1955). Как отмечал автор, сибирский сиг с выраженным горбатым рылом (озерно-речной сиг) встречался только в р. Нижняя Таймыра и западной части оз. Таймыр. По заключению В.С. Михина, симпатрические сиви из оз. Таймыр представляют собой экологические формы. Данный подход к оценке структуры сигов в этом водоеме в дальнейшем был

использован и другими исследователями (Романов, 1975; Романов, Тюльпанов, 1985; Романова, Романов, 1988, и др.).

В водоемах Якутии Л.С. Берг (1948) описал один чрезвычайно полиморфный экотип сига-пыжьяна – восточно-сибирского сига *C. l. pidschian natio brachymystax*. Несколько позже Ф.Н. Кириллов (1972) описал еще ледниково-равнинного сига – *C. l. pidschian natio glacialis*. Эти сиги хорошо различаются по пластическим признакам, экологическим характеристикам и тяготеют к различным биотопам. Восточно-сибирский сиг обитает в реках, от верхнего течения до нижнего; а ледниково-равнинный сиг – в озерах и в приустьевых участках рек, впадающих в море (Кириллов, 1972; Романов, Бочкарев, 2009). В нижнем течении рек эти две формы обитают симпатрично и ведут себя как биологические виды. Тем не менее, в ряде сводок конца 19 – начала 20 вв. они сведены до уровня экологической формы, и не имеют собственного таксономического статуса. (Решетников, 1980; Атлас пресноводных рыб... 2003).

Генетические исследования сиговых рыб из водоёмов Якутии начались сравнительно недавно (Слободянюк и др., 1993; Смирнов и др. 2009; Яхненко, Мамонтов, 2009; Сендек, Иванов, 2013; Vochkarev et al., 2013). Большая часть работ посвящена изучению формообразования и дивергенции сиговых рыб, тогда как возможные пути их миграции между бассейнами рек не рассматривались. Между тем считается, что в позднем Плейстоцене существовала связь между бассейнами рек Енисей, Лена и Обь. Большинство современных авторов полагают, что северный сток больших сибирских рек запирался единым континентальным ледником и, в связи со значительным подъемом воды, в среднем течении образовывалось несколько больших пригляциальных озер, которые через тургайские ворота имели сток в Каспийское море (Гроссвальд, Котляков, 1989; Волков, Казьмин, 2007). Кроме того, миграции сигов могли проходить вдоль кромки морского ледника, где существовала цепь подпрудных пресноводных шельфовых водоемов.

Молекулярно-генетический анализ показал, что миграции сигов между бассейнами крупных рек в Южной Сибири носили ограниченный характер. В процессе изучения было обнаружена зона вторичной интерградации в бассейне среднего Енисей и озера Тоджинской котловины. Таким образом, была подтверждена гипотеза об обмене гаплотипами между различными популяциями пыжьяновидных сигов через трансконтинентальную систему сброса талых вод в позднем Плейстоцене. Молекулярно-генетические исследования подтвердили ранее выдвинутые, на основе морфологических анализов предположения (Бочкарев, Зуйкова, 2010а; 2010б).

При изучении пыжьяновидных сигов из р. Анабар обнаружено, что в бассейне реки обитают две экологические формы сигов, ранее описанные как восточно-сибирский и ледниково-равнинный сиги. Восточно-сибирский сиг встречается от верхнего течения до устья р. Анабар. Ареал ледниково-равнинного сига приурочен к эстуарию реки. Морфоэкологические характеристики симпатрических сигов из р. Анабар оказались близки к характеристикам аналогичных форм симпатрических сигов из оз. Таймыр и р. Обь. Таймырский озерно-речной сиг по своим морфо-экологическим и генетическим характеристикам оказался близок к восточно-сибирскому сигу, который, в свою очередь, оказался морфологически близок к сигам из бассейна р. Обь (Берг, 1948; Романов и др., 2009). Ледниково-равнинный сиг морфологически близок к озерному сигу из оз. Таймыр (Бочкарев и др. в печати; Vochkarev et al., 2013).

Молекулярно-генетический анализ, включающий гаплотипы сигов из рек Сосьва, Сосьва (Нижней Оби), бассейнов рек Хатанга и Курейка, озера Хантайского (без разделения на экологические формы) и двух экологических форм из бассейна р. Анабар, показал, что в Сибирской Арктике (от р. Обь до р. Анабар) обитают только две экологические формы/вида пыжьяновидных сигов – восточно-сибирский и ледниково-равнинный сиги. Учитывая их морфологическое и генетическое сходство, названия сиг-пыжьян (*C. l. pidschian*), восточно-сибирский сиг (*C. lavaretus pidschian natio*

brachymystax) и таймырский речной сиг (*C. l. pidschian natio logaschevi*) являются синонимами. Ледниково-равнинный сиг оказался морфологически и генетически близок к таймырскому озерно-речному сигу. По всей видимости, названия таймырский озерно-речной сиг (*C. l. pidschian natio taimyrensis*) и ледниково-равнинный сиг (*C. l. pidschian natio glacialis*) также являются синонимами (Романов и др., в печати).

В результате молекулярно-генетических исследований сегов р. Анабар в составе популяции восточно-сибирского сига обнаружены две тесно связанные филогенетические линии, при этом в составе популяции ледниково-равнинного сига таких линий зарегистрировано значительно больше. Обе экологические формы характеризуются самым высоким числом гаплотипов, самым высоким гаплотипическим и нуклеотидным разнообразием среди исследованных арктических и южно-сибирских популяций сегов (Vochkarev et al., 2013). Данный факт свидетельствует либо о древности арктических популяций сегов, либо об их высокой миграционной активности в постледниковый период с последующей гибридизацией (Бочкарев и др., в печати).

К настоящему времени показано, что в период последнего оледенения морской ледник перекрывал устья всех сибирских рек и покрывал значительную территорию п-ва Таймыр и Анабарского щита (Mangerud et al., 2004; Волков, Казьмин, 2007). Возможно, что именно в бассейне р. Анабар ледник находился наиболее продолжительный период времени, поскольку именно в этой реке отсутствуют такие реофильные виды, как сиг-валек и ленок. При этом сиг-валек встречается в реках Пясины и Хатанга, а в бассейнах рек Оленок и Енисей сиг-валек и ленок являются одними из самых распространенных видов.

Мы полагаем, что в период расселения в каждом крупном речном бассейне пыжьяновидные сего были представлены несколькими дивергентными филогенетическими линиями. На это указывают результаты морфологического и генетического анализов форм/видов сегов, обитающих в водоемах Сибирской Арктики и сопредельных территорий. В постледниковый период их встречные миграции привели к значительной гибридизации и, в результате, к значительному увеличению числа гаплотипов в водоемах, расположенных на всем протяжении миграционных путей. Наиболее заметные последствия этих процессов зарегистрированы в популяциях сегов из водоемов бассейна р. Анабар.

Исследование выполнялось при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-04-01708, и частично грант № 14-04-00926.

Список литературы

1. Атлас пресноводных рыб России / Ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2003. 379 с.
2. Берг Л.С., 1948. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. 466 с.
3. Бочкарев Н.А., Зуйкова Е.И., Пестрякова Л.А., Захаров Е.С., Романов В.И., Политов Д.В. Сиг-пыжьян (*Coregonus lavaretus pidschian*, Coregonidae) реки Анабар морфология, биология, генетика // Сибирск. экол. журн., в печати.
4. Бочкарев Н.А., Зуйкова Е.И. Популяционная структура сига-пыжьяна (*Coregonus lavaretus pidschian*, Coregonidae) в озерах Тоджинской котловины и в верхнем течении реки Большой Енисей (республика Тыва) // Зоол. журн. 2009. Т. 88. № 1. С. 47–60
5. Бочкарев Н.А., Зуйкова Е.И. Популяционная структура и возможные пути дифференциации сига-пыжьяна (*Coregonus lavaretus pidschian*, coregonidae) в Додотских озерах Тоджинской котловины // Сибирский Сибирск. экол. журн. 2010а. № 1. С. 41–55.
6. Бочкарев Н.А., Зуйкова Е.И. Сравнительная характеристика сига-пыжьяна (*Coregonus lavaretus pidschian*, Coregonidae) из озера Каракуль и реки Большой Абакан. К вопросу о вторичной интерградации сегов бассейна реки Енисей // Сообщества и популяции животных: экологический и морфологический анализ / Тр. ИСиЭЖ СО РАН. Изд-во КМК: Новосибирск-Москва, 2010б. С. 187–211.

7. Вершинин Н.В. Питание молоди сиговых рыб в нижней Лене // Вопр. ихтиол. 1961. Т. 1. Вып. 3 (20). С. 453–461.
8. Волков И.А., Казьмин С.П. Сток вод последнего оледенения севера Евразии // География и природные ресурсы. 2007. № 4. С. 5–10.
9. Гроссвальд М.Г., Котляков В.М. Великая приледниковая система стока Северной Евразии и ее значение для межрегиональных корреляций // Четвертичный период. Палеогеография и литология: Сб. науч. трудов. Кишинев, Штииница, 1989. С. 5–13.
10. Гундризер А.Н. К систематике и экологии сигов Тувинской АССР // Вопр. биологии. 1978. Томск. С. 20–42.
11. Иоганзен Б.Г., Моисеев В.П. Каракольский сиг из Восточного Алтая // Заметки по флоре и фауне Сибири. Томск, 1955. С. 25–30
12. Калашников Ю.Е. Многогочинковые сиги озера Орон системы р. Витим // Вопр. Ихтиол. 1968. Вып. 4. С. 637–645.
13. Карасев Г.Л. Рыбы Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1987. 296 с.
14. Кириллов Ф. Н. Рыбы реки Индигирки // Изв. ВНИОРХ.М. 1955. Т. 35. С. 141–167.
15. Кириллов Ф. Н. Ихтиофауна бассейна р. Вилюй // Тр. Ин-т биол. Якут. фил. СО АН СССР. 1962. Вып. 8. С. 5–71
16. Кириллов Ф. Н. Видовой состав реки Алдана // Позвоночные животные Якутии: (Материалы по экологии и численности). Якутск. 1964. С. 73–81.
17. Кириллов Ф.Н. Рыбы Якутии. М.: Наука, 1972. 360 с
18. Кириллов А.Ф., Сивцева Л.Н., Собакина И.Г., Жирков Ф.Н. Рыбы бассейна реки Анабар. Учебное пособие, Якутск, 2011. 34 с.
19. Лобовикова А.А. О нахождении телецкого сига (*Coregonus lavaretus pidschian* natio Waqrachowski) в озере Черном бассейна среднего Енисея // Вопр. ихтиол. 1959. Т. 13. С. 55–58.
20. Михин В.А. Рыбы озера Таймыр и Таймырской губы // Изв. ВНИОРХ. 1955. Т. 35. С. 5–43.
21. Новиков А.С. Рыбы реки Колымы. М.: Наука, 1966. 134 с.
22. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 301 с.
23. Романов В.И., Бочкарев Н.А. К вопросу о статусе экологических форм сигов *Coregonus lavaretus pidschian* Таймырского озера // Вестник ТГПУ. 2009. Вып. 11(89). С. 186–193.
24. Романов Н.С. К экологии сига озера Таймыр // Вопросы рыбного хозяйства Восточной Сибири / Тр. Красноярск, отд. Сиб. НИИ рыбн. хоз-ва. Т. 10. Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1975. С. 49–54.
25. Романов Н.С., Тюльпанов М.А. Ихтиофауна озер п-ова Таймыр. Вопросы хозяйственного рыбопользования // География озер Таймыра. Л.: Наука, 1985. С. 139–183.
26. Романова Н.М., Романов Н.С. Питание озерного сига *Coregonus lavaretus pidschian* бассейна озера Таймыр // Вопр. ихтиол. 1988. Т. 28. Вып. 6. С. 978–982.
27. Романов В.И., Зуйкова Е.И., Бочкарев Н.А. Морфологическая и экологическая дифференциация симпатрических сигов рода *Coregonus* из оз. Таймыр // Сибирск. экол. журн., в печати.
28. Световидов А. Н. О географической изменчивости пыжьяна (*Coregonus lavaretus pidschian*) // Доклады АН СССР. 1934. Т. 4. № 5/6. С. 343–345.
29. Сендек Д.С., Иванов Е.В. Генетическая дифференциация ледовитоморского пыжьяна из крупных рек Якутии // Биология, биотехника разведения и состояние запасов сиговых рыб. Мат-лы Восьмого международного научно-производственного совещания (Тюмень, 27–28 ноября 2013 г.) / под ред. д.б.н. А.И. Литвиненко, д.б.н. Ю.С. Решетникова. Тюмень: ФГУП «ГОСРЫБЦЕНТР». 2013. С. 194–199.
30. Скрыбин А.Г. Рыбы Баунтовских озер Забайкалья. Наука: Новосибирск, 1977. 230 с.

31. Слободянюк С.Я., Кирильчик С.В., Мамонтов А.М., Скулин В.А. Сравнительный рестрикционный анализ митохондриальной ДНК байкальского *Coregonus lavaretus baicalensis* и баунтовского *C. lavaretus baunti* озерных сига // Вопр. ихтиол. 1993. Т. 33. № 5. С. 631–636.
32. Смирнов В.В., Смирнова-Залуи Н.С., Суханова Л.В. Микроэволюция байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 246 с.
33. Яхненко В.М, Мамонтов А.М. Сравнительный изоферментный анализ байкальских и баунтовских сига // Сибирск. экол. журн. 2009. № 5. С. 441–443.
34. Bochkarev N.A., Zuykova E.I., Abramov S.A. et al. Morphological, biological and mtDNA sequences variation of coregonid species from the Baunt Lake system (the Vitim River basin) // Adv. Limnol. 2013. № 64. P. 257–277.
35. Bochkarev N.A., Zuykova E.I., Katokhin A.V. Morphology and mitochondrial DNA variation of the Siberian whitefish *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin) in the upstream water bodies of the Ob and Yenisei rivers // Evol. Ecol. 2011. V. 25. P. 557–572.
36. Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G. K. C., Henriksen M. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // Quat. Sci. Rev. 2004. V. 23 (11-13). P. 1313–1332

IMPLEMENTATION OF GPR METHOD FOR PALELIMNOLOGY STUDIES ON SELECTED OBJECTS IN POLAND

Artur Zieliński¹, Jerzy Ziętek², Anna Strzępowicz³, Mikołaj Łyskowski⁴, Ewelina Mazurkiewicz⁵

¹ Jan Kochanowski University in Kielce, Institute Geography, Świętokrzyska 15 Str., 25-406 Kielce, Poland

^{2,3,4,5} AGH University of Science and Technology, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, A. Mickiewicza 30 Ave., 30-059 Krakow, Poland

¹ aziel@ujk.edu.pl, ² zietek@geol.agh.edu.pl, ³ strzepowicz@agh.edu.pl, ⁴ lyskowski@geol.agh.edu.pl, ⁵ ewemazurkiewicz@gmail.com

Lake sediments can serve as a valuable geoarchive of the environment, it is because the lakes are highly sensitive element of any ecosystems. Paleolimnology is a science mainly engaged in the reconstruction process of lake environment changes. Using a number of different methods to identify components of the bottom sediments, both autochthonous and allochthonous. Additionally to a detailed study of sediments, another extremely valuable information it knowledge of their thickness, shape, and nature of the mineral composition forming bottom of a lake. Good method for identification of such elements is the Ground Penetrating Radar technique (GPR).

GPR method belongs to the non-invasive geophysical methods. Its advantage is ease of use and high precision of measurement and the short time of data acquisition. Measurements carried out with GPR allows efficient and accurate inventory of multiple objects. This method uses the phenomenon of electromagnetic (EM) wave reflection in the geological medium. During propagation EM wave is attenuated and scattered. Due to the nature of the survey, for the purposes of geological studies, antennas used during the measurements operate at a relatively low frequencies (up to about 250 MHz). The authors used GPR model ProEx manufactured by MALA Geoscience with shielded and unshielded type of antennas and with different frequency matched to optimize the depth range of tests depending on the nature of the environment and the expected results.

The results show that the GPR method can be successfully implemented in process of identification of the lake sediments thickness in different areas. Presented examples of

registration show the possibilities of mapping and recording karst origin facilities as well as connected to river erosion processes. Authors using the test results illustrate the enormous potential of the method.

Poster section

Постерные доклады

ANALYSIS OF DATING OF MARINE AND CONTINENTAL SEDIMENTS OF THE KOLA PENINSULA, REFLECTING THE DYNAMICS OF SEA LEVEL

Boyko A.A.¹, Anisimov M.A.²

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg State University, ²State Research Center "Arctic and Antarctic Research Institute" - leader of Russian Polar science

In this work the dating of the marine and continental sediments was analyzed. To combine the results of this research authors made a graph that illustrates the dynamics of the sea level of the northern part of the Kola Peninsula. Analysis of the research showed that 9500 years ago, in the beginning of the Holocene, sea level reached 40 m and then started to fall. However, during the studying of the sea level dynamics the Holocene tectonic movement and eustatic oscillations should be taken into account.

АНАЛИЗ ДАТИРОВОК МОРСКИХ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА, ОТРАЖАЮЩИХ ДИНАМИКУ УРОВНЯ МОРЯ

Бойко А.А.¹, Анисимов М.А.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет,

² Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

Кольский полуостров является в своем роде уникальным местом на Земле, сочетая в себе область с новейшими тектоническими движениями и следами воздействия позднеплейстоценового оледенения. Полностью освободившись от ледника в конце плейстоцена – начале голоцена на Кольском полуострове начали накапливаться морские и континентальные отложения, характеризующие изменения положения береговой линии. Сравнительный анализ морских и континентальных отложений дает нам возможность обоснованной реконструкции динамики изменения уровня моря для рассматриваемого региона.

Проанализировав результаты исследований, опубликованных ранее авторами, занимавшимися изучением озерных котловин (Corner et al., 1999; Kremenetski S. et al., 1997; Moller J.J. et al., 2001; Митяев М.В., Корсун С.А., 2008; Николаева С.Б. и др., 2015; Павлова Е.Ю. и др., 2011; Сапелко Т.В. и др., 2015) и береговых форм (Арсланов и др., 1974), мы составили карту – схему (рис. 1) с расположенными на ней зонами отбора образцов по районами. В результате Кольский полуостров был условно разделен на 3 части – северную, южную и центральную.

На основании проанализированных датировок был получен график хода изменения уровня моря (рис. 2) для северной части Кольского полуострова, так как именно для этой территории удалось собрать и обработать достаточное количество материала для обоснованных выводов. Количество данных по остальным частям полуострова менее информативно, что затрудняет интерпретацию и анализ данных той или иной территории.

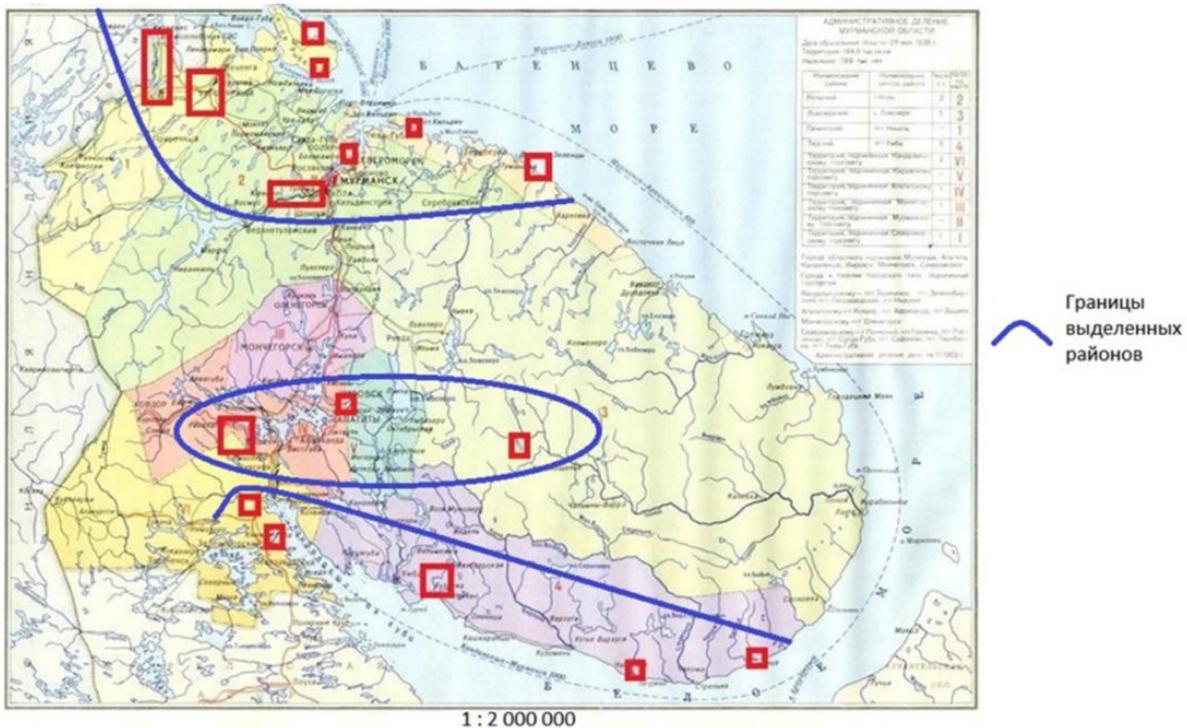


Рис. 1. Зоны отбора образцов и их условные районы (снизу-вверх – южный, центральный, северный)

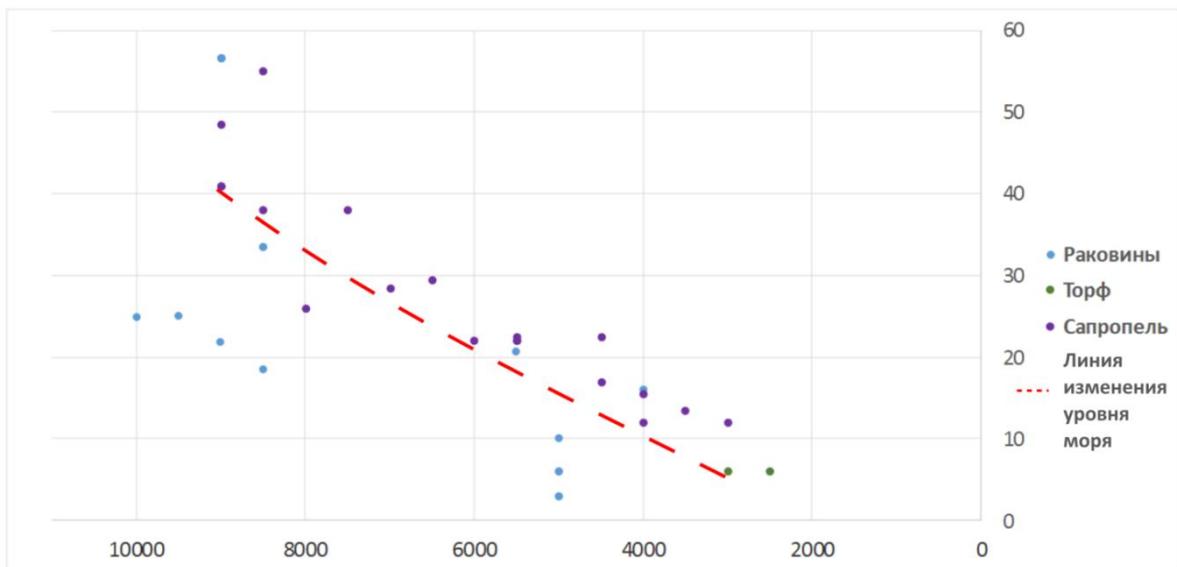


Рис. 2. График изменения уровня моря на кольском полуострове в голоцене, полученный для северного района. На графике по оси абсцисс – высота над уровнем моря в метрах, по оси ординат – радиоуглеродный возраст. Пунктирная линия – аппроксимирующая кривая изменения уровня моря.

В ходе выполнения работы для северной части Кольского полуострова была получена условная линия изменения уровня моря. Однако, на графике стоит отметить некоторые спорные точки, относящиеся к морским осадкам. Так, например, точка 56,6 м (моллюск) лежит выше точки 55,0 м (сапропель). Похожая ситуация наблюдается на высоте 33,6 м (моллюск). Данные континентальные и морские отложения были отобраны в непосредственной близости друг от друга. Они имеют относительно одинаковые высоты и возраст. Объяснение этих инверсий может быть несколько, но для обоснованного объяснения требуется проведение специальных исследований.

Список литературы

1. Арсланов Х.А., Кошечкин Б.И., Чернов Б.С. Абсолютная хронология осадков поздне- и послеледниковых морских бассейнов на Кольском п-ове // Вестник Ленинградского ун-та. – 1974. – № 12. – С. 132-138.
2. Митяев М.В., Корсун С.А. Древние береговые линии Восточного Кильдина. // Доклады АН. – 2008. – Т.423. – №4. – С. 1-5.
3. Николаева С.Б., Лаврова Н.Б., Толстобров Д.С., Денисов Д.Б. Реконструкция палеогеографических обстановок голоцена в районе озера Имандра // Труды Карельского научного центра РАН. - 2015. - № 5. - С. 34–47.
4. Павлова Е.Ю., Дорожкина М.В., Девятова Э.И. Природная среда и климат Верхнепонойской депрессии в позднем неоплейстоцене-голоцене // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. - 2011. - Т.2. - С. 128-131.
5. Сапелко Т.В., Колька В.В., Евзеров В.Я. Динамика природной среды и развития озер в позднем плейстоцене и голоцене на южном берегу Кольского полуострова // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – №5. – С. 60–69.
6. Corner G.D, Yevzerov V.Y., Kolka V.V., Møller J.J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian–Russian border north of Nikel, northwest Russia // Boreas. - 1999. - №28. - P. 146–166.
7. Kremenetski C., Vaschalova T., Goriachkin S., Cherkinsky A., Sulerzhitsky L. Holocene pollen Stratigraphy and bog development in the western part of the Kola Peninsula, Russia // Boreas. - 1997. - № 26. - P. 91–102.
8. Moller J.J., Yevzerov V.Y., Kolka V.V., Corner G.D. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // Global and Planetary Change. -2001. - №31. - P. 155–177.

CLADOCERAN ANALYSIS OF SEDIMENT FROM UPLAND SWAMP CHISTOE IN KHANTY-MANSI AUTONOMOUS REGION

Gafiatullina L.I.¹, Frolova L. A.¹, Solomin Y.R.², Lapshina E.D.², Filippova N.V.²

¹Kazan Federal University

²Ugra State University

Cladoceran assemblages study results were obtained drawing on material from the one of the upland swamps of Khanty-Mansi Autonomous Okrug. Cladoceran species composition was established according to analysis of fossilized remains that well preserved in sediments of upland swamp Chistoye. Cladoceran assemblages circumscribing characterized biotopic and zoogeographic confinement of the dominant species. Water quality was evaluated. Stratigraphic chart showed the representation of each cladoceran species throughout the sediment column. A change of pelagic representatives of *Eubosmina coregoni* to *Graptoleberis testudinaria* species inhabitants among vegetation was identified, specifying progression in overgrowing of upland swamp.

КАРЦИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХОВОГО БОЛОТА ЧИСТОЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Гафиатуллина Л.И.¹, Фролова Л.А.¹, Соломин Я.Р.², Лапшина Е.Д.²,

Филиппова Н.В.²

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет

² Югорский государственный университет

Актуальность. Ввиду труднодоступности целый ряд водных объектов остается мало изученным, особенно недостаточно исследованы водоемы и водотоки верховых болот. Верховое болото образуется в том случае, когда озеро, расположенное в котловине ледникового, аллювиального термокарстового или какого-либо другого происхождения, постепенно зарастает, сама котловина при этом заполняется торфом сначала низинного, а затем переходного типа (Болота..., 2000).

Целью данного исследования явилось воссоздание структуры и развития зоотанатоценозов верхового болота Чистое (ХМАО, Западная Сибирь) в период голоцена, основываясь на анализе фоссилизированных остатков ветвистоусых ракообразных.

В ходе исследования реализованы следующие задачи: определен видовой состав и характерные для верхового болота виды зоопланктона; охарактеризовано кладоцерное сообщество по зоогеографической и биотопической приуроченности; проведена оценка качества вод на основе индексов видового разнообразия.

Регион исследования. Ханты-Мансийский автономный округ — Югра (ХМАО — Югра) располагается в центральной части Западно-Сибирской равнины. В общей площади округа — болота — 44,3 %, реки, озера — 6,1 %. Территория ХМАО — Югры заключена между 58—66° с. ш. и 59—86° в. д. (Климанов, 1999). Среднегодовая температура в районе г. Ханты-Мансийска +1°С (Булатов В.И. и др., 2007). Среднесуточная температура воздуха января — самого холодного месяца в году составляет -22°С, самого теплого (июля) +17°С. Абсолютный минимум температур приходится на декабрь-январь и составляет -50-55°С, максимум же регистрируется на отметке +32°С. В среднем выпадает 450-525 мм осадков в год, при этом на теплый период приходится 350-400 мм. Большое количество осадков влечёт за собой высокую влажность воздуха — до 80%. По гидрохимическим характеристикам все водоемы и водотоки болотной системы ХМАО полигумозные, мягководные с кислой реакцией среды, что обусловлено территорией водосбора, которая занята преимущественно верховыми болотами, бедна железом и кальцием (Волковская и др., 2004). Регион имеет особый тип растительности — лесоболотный. Таёжные леса (зона средней тайги) распространены в условиях сильной заболоченности территории. Особенностью округа является интенсивное воздействие на окружающую среду разработок месторождений нефти и газа (Атлас ХМАО-Югры, 2004).

Материалы и методы исследования. Для реализации задач исследования была использована колонка донных отложений верхового болота Чистое (система Кукушкиных озер) ХМАО: 60°58'58.7" с.ш., 069°50'46.2" в.д. Площадь исследованного водоема равна 0,15 км². В месте отбора колонки грунта глубина водоема составила 4,0 м., температура воды 16,1°С, температура воздуха 16,2°С. Извлечение донных отложений производилось посредством проотборника UWITEC. Послойное разделение извлеченной колонки (с разрешением в 1 см) производилось в условиях лаборатории международного полевого комплекса в поселке Шапша (НОЦ «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» ЮГУ), там же была проведена маркировка образцов и надлежащее хранение (+4°С). Общая длина колонки донных отложений составила 30 см. Полученные образцы влажных навесок были термо-химически обработаны при температуре 70-80°С с экспозицией 30 мин-1 час в 10% растворе КОН, окрашены сафранином и микроскопированы при 100-400 кратном увеличении с использованием микроскопа Axiolab Zeiss в научно-исследовательской лаборатории КФУ (Казань, Россия). Определение кладоцерных остатков производилось с помощью широко используемых определителей (Szeroczyńska, Sarmaja-Korjonen, 2007; Korosi, Smol, 2012; Фролова, 2013, Смирнов, 1971; Котов и др., 2010; Flossner, 2000; Alonso 1996).

Результаты исследования. Специфические факторы среды обитания болот предопределяют видовой состав данных водоемов. В исследованном верховом болоте «Чистое» обнаружено 29 видов ветвистоусых ракообразных. Абсолютный доминант в составе кладоцерного сообщества исследованного водоема *Eubosmina coregoni* Baird, 1857 (20%), за ним следует *Chydorus sphaericus* Müller, 1785 (17%) замыкают группу доминантных видов *Alonella excisa* Fisher, 1854 (11%) и *Acroperus harpae* Baird, 1837 (11%). Среди представленных в меньшей степени видов и родов ветвистоусых ракообразных следует отметить присутствие таких как: представители семейства Macrothricidae: *Ophryoxus gracilis* Sars, 1861, *Acantholeberis curvirostris* Müller, 1776, представители семейства Daphniidae: представители группы *Daphnia longispina* Müller, 1785, *Daphnia* spp., *Ceriodaphnia* spp., *Simocephalus* spp., представители семейства Sididae: *Sida cristallina* Müller, 1776, *Latona setifera* Müller, 1776.

По данным анализа кладоцерного сообщества исследованного верхового болота в программе C2 (Juggins, 2007) была построена стратиграфическая диаграмма распределения встреченных видов сообщества по всему протяжению колонки донных отложений.

В слоях озерного седимента, соответствующих 3-6 см отложений наблюдается снижение встречаемости остатков *E. coregoni* с увеличением содержания остатков *Graptoleberis testudinaria*. Данные изменения свидетельствуют о зарастании водоема, о развитии благоприятных условий для космополитических видов в ущерб северным видам. *Eubosmina coregoni* Baird, 1857 встречается в водоемах эвтрофированных, при pH 5,0–7,5, в большом количестве встречается при $6,0 < \text{pH} < 6,9$. *Graptoleberis testudinaria* Fischer, 1848 обитает в водоемах с разнообразным типом растительности, песчаным и каменистым дном, при pH 3,9–8,6 (в большом количестве встречается при $5,0 < \text{pH} < 7,0$), с высоким содержанием ионов электролитов (84 мСм/м) и при низком их содержании (0,5 мСм/м).

Характеризуя встреченные виды согласно приуроченности к различным биотопам, обнаруживаем принадлежность большинства к литоральным видам и встречающимся среди растительности. Зоогеография распространения большей части обнаруженных видов и таксонов позволяет отнести их к северным и космополитическим (всесветным).

Значения индекса Шеннона находятся в пределах 2,60–3,51, что позволяет отнести воды к классу чистых вод (методика: Шабанов В.В., Маркин В.Н., 2014). Значения индекса Пиелоу распределяются в диапазоне 0,70–0,90, что характеризует структуру сообщества как выровненную.

Заключение. В ходе исследования кладоцерного сообщества верхового болота «Чистое» ХМАО отмечено высокое видовое разнообразие, с преобладанием представителей семейства Chydoridae. Анализ исследованного верхового болота выявил смену зоотанатоценоза с преобладанием представителей семейства Bosminidae: *Eubosmina coregoni* – обитателей зоны открытой воды, на представителей семейства Chydoridae: *Graptoleberis testudinaria* – встречающихся среди растительности. Данное событие свидетельствует о динамичности условий в верховом болоте и смене видового состава кладоцерного сообщества. Установленная смена доминантов в составе кладоцерного сообщества свидетельствует о зарастании водоема и прогрессирующем развитии верхового болота.

Список литературы

1. Болота Западной Сибири - их роль в биосфере. 2-е изд. / Под ред. А.А. Земцова.- Томск: ТГУ, СибНИИТ.– 2000. – 72 с.
2. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – Москва-Ханты-Мансийск, 2004. – Т. 2. – 152 с.

3. Булатов В.И. и др. География и экология города Ханты-Мансийска и его природного окружения / В.И. Булатов, И.В. Берегова, Н.И. Бочкарева, Т.В. Волдина, Ю.И. Гордеев и др. – Изд-во: ОАО «Информационно-издательский центр», 2007. – 187 с.
4. Волковская О.М. и др. Поверхностные воды. Химический состав вод / О.М. Волковская, Г.В. Фрез, В.В. Масленникова // Атлас ХМАО. Природа и экология. Ханты-Мансийск, 2004. – Т. 2. – С.61.
5. Ермолаева Н.И. К экологии зоопланктона (Rotifera, Cladocera, Copepoda) озер юга Западной Сибири // Успехи современного естествознания. Серия: Биологические науки, 2014. – №5-2. – С.80-84.
6. Калинин и др. Поверхностные воды. Гидрологический режим и сток. Атлас ХМАО. Природа и экология. Ханты-Мансийск, 2004. – Т. 2. – С.61.
7. Обзор «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 1999г.» Ханты-Мансийск: Государственный комитет по охране окружающей среды ХМАО, 2000. – 129 с.
8. Котов А. А., Синев А. Ю., Глаголев С. М., Смирнов Н. Н. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.1. Зоопланктон / под ред. В. Р.Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. – С. 151-276.
9. Смирнов Н. Н. Chydoridae фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. Л.: Наука, 1971. – Т.1 (2). – 531 с.
10. Фролова Л.А. Cladocera // Биологические индикаторы в палеобиологических исследованиях: атлас / науч. ред Л.Б. Назарова. Казань: Казан. ун-т, 2013. – С. 64-87 с.
11. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин. Монография. – М.: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА-им. К.А.Тимирязева. – 162с.
12. Flössner D. Die Naupoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. Leiden: Backhuys Publishers, 2000. – 428 p.
13. Juggins S. C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualization / Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK, 2007.
14. Korosi J. B., Smol John P. An illustrated guide to the identification of cladoceran subfossils from lake sediments in northeastern North America / The Chydoridae. Springer Science+Business Media B.V. 2012.
15. Alonso M. Crustacea Branchiopoda Fauna Iberica. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales CSIC, 1996. – Vol. 7.– 486 p.
16. Sarmaja-Korjonen K., Szeroczynska K. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society, 2007. – 84 p.

**ANALYSIS OF SUBFOSSIL CLADOCERA (BRANCHIOPODA, CRUSTACEA)
FROM BOTTOM DEPOSITS OF LAKE ANTYUKH-LAMBINA (KOLA PENINSULA,
NW RUSSIA)**

A. G. Ibragimova¹, L. A. Frolova¹, I.M. Grekov², L. S. Strykh³, V.V. Kolka⁴

¹ Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

² Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

³ Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk

⁴ Geological Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

The goal of the study is reconstruction of climatic and environmental conditions of the past in the Kola Peninsula, NW Russia. The results of the paleobiological analysis of the

Antyukh-Lambina (Kola Peninsula, located near Lake Kolvitskoe, NW Russia) Cladocera community are presented in our work. The dominant species, zoogeography and biotopic attachments are identified.

АНАЛИЗ РЕЦЕНТНЫХ ОСТАТКОВ CLADOCERA (BRANCHIOPODA, CRUSTACEA) ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА АНТЮХ-ЛАМБИНА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ибрагимова А.Г.¹, Фролова Л.А.¹, Греков И.М.², Сырых Л.С.³, Колька В.В.⁴

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

² Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

³ Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

⁴ Геологический институт Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Целью исследования является восстановление климатических и экологических условий прошлого для территории Кольского полуострова. В работе представлены результаты палеобиологического анализа сообществ *Cladocera* в донных отложениях озера Антюх-Ламбина (Кольский полуостров). Выявлены виды-доминанты, определена зоогеографическая и биотопическая приуроченность представителей обнаруженных таксонов.

Для реконструкции климатических и экологических условий в палеоэкологии все чаще используются различные биоиндикаторы (Назарова, Нургалиев, 2011). С недавних пор широко используется анализ донных отложений на основе данных субфоссильного кладоцерного сообщества. Хитиновые части экзоскелета *Cladocera*, которые имеют высокую степень сохранности в донных отложениях (карапаксы, постабдомены, постабдоменальные коготки, мандибулы, головные щиты и пр.), позволяют идентифицировать остатки до различных таксономических рангов (Korhola, Rautio, 2001).

Объектом исследования было выбрано озеро Антюх-Ламбина, расположенное в юго-западной части Кольского полуострова (N 67°07'; E 33°31'), восточнее г. Кандалакша, на одних абсолютных отметках (59,4 м над современным уровнем моря) с озером Колвицким, с которым оно соединено узким проливом. Озеро площадью примерно 200 м² с глубинами до 4 метров, имеет вытянутую форму.

Летом 2015 г. произведен отбор колонки донных отложений озера Антюх-Ламбина длиной 3 м. (Греков и Колька, 2015). Колонка отобрана для радиоуглеродного, литологического и биоиндикаторных анализов (диатомовый, споро-пыльцевой, хирономидный и кладоцерный). Радиоуглеродным анализом установлено, что смена кластогенного интервала литологической последовательности исследуемой колонки на органогенную началась около 11000 кал. лет тому назад. Предположительно, в это время морские условия седиментации сменились на современные озерные.

Обработка проб проводилась по стандартной методике, для идентификации остатков использовались специализированные определители (Szeroczyńska, Sarmaja-Korjonen, 2007; Korosi, Smol, 2012; Фролова, 2011).

В составе субфоссильного кладоцерного сообщества выявлено 36 таксонов. В водоеме преобладают виды, свойственные зонам палеарктики и голарктики. Явным доминантом кладоцерного сообщества озера является типичный представитель открытой пелагической части водоемов – *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina*. Однако, стоит отметить, что значительного развития в озере достигают виды-филофилы и виды-обитатели литоральной зоны водоема, что свидетельствует о наличии в нем мелководных зон и участков, заросших макрофитами.

Нижняя часть колонки, представленная глинистыми отложениями, характеризуется крайне бедным таксономическим разнообразием. С продвижением вверх по колонке биоразнообразие увеличивается. Обнаруживается значительное количество рецентных остатков *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina*. Многочисленны виды, предпочитающие мелководные заросшие макрофитами участки водоема. Развитие *Chydorus sphaericus* в начальные этапы образования водоема может быть следствием высокой степени трофности озера.

В более верхних слоях отмечается увеличение значимости северных видов, однако, ближе к современному этапу число остатков резко снижается. Данный период характеризуется некоторым снижением количества *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina*. Доминируют представители палеарктики, увеличивается значимость *Chydorus sphaericus*.

Анализ субфоссильного сообщества Cladocera озера Антюх-Ламбина установил, что на протяжении более 11000 лет непрерывного осадконакопления в озере происходили изменения, связанные с колебаниями климата и сменой экологических условий. На протяжении всего времени существования озеро отличалось хорошо развитой зоной пелагиали. Средний показатель индекса Шеннона позволяет квалифицировать озеро как умеренно-загрязненное, отмечаются предпосылки к повышению трофности озера.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 16-35-50067, 15-05-04442, 16-35-50036)

Список литературы

1. Греков И.М., Колька В.В. Палеогеография северного побережья Кандалакшского залива Белого моря (долина р. Колвицы) в позднеледниковье и голоцене по данным изучения донных отложений малых озер (предварительные данные) // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Отв. ред. Академик А.П. Лисицын. Т. III. – М.: ГЕОС, 2015. – 383 с. С.153-155
2. Назарова Л.Б., Нургалиев Д.К. Методические подходы к использованию биологических индикаторов в палеоэкологии/ Назарова Л.Б., Нургалиев Д.К.; под ред. Л.Б. Назаровой. - Казань: Казан. гос. ун-т. 2011.- С. 280.
3. Фролова Л.А. Методические подходы к использованию биологических индикаторов в палеоэкологии: Ветвистоусые ракообразные в палеоэкологических исследованиях / Фролова Л.А.; под ред. Л.Б. Назаровой. - Казань: Казан. гос. ун-т. 2011.- С. 280.
4. Korhola A, Rautio M Cladocera and other branchiopod crustaceans. In: Smol JP, Birks JB, Last WM (eds) Tracking environmental change using lake sediments, vol: zoological indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001. P. 5–41.
5. Korosi J. B., Smol John P. An illustrated guide to the identification of cladoceran subfossils from lake sediments in northeastern North America / The Chydoridae. Springer Science+Business Media B.V. 2012.
6. Nazarova L. - W. Chironomid fauna of Central Yakutian lakes (Northern Russia) in palaeoenvironmental investigation / Nazarova L., Kumke T., Pestryakova, L., Hubberten H. // Chironomus newsletter on chironomidae research. N18 October 2005, 25-26.
7. Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society, 2007. 84 p.

PALYNOLOGICAL CHARACTERISTIC OF VARVED CLAY OF THE PERIGLACIAL LAKE ONEGA (NEW DATA)

^{1, 2}Lavrova N. B., ²Subetto D. A.

Institute of geology KRC of RAS¹, Institute of northern water problems KRS of RAS²

The pollen analysis data of varved clays from the periglacial Lake Onega are presented. Two sequences of bottom sediments from the southern and the northern part of the periglacial Lake Onega have been studied. The peculiarities of formation of spore-pollen spectra the of the Late Glacial are considered. Problems in interpreting the results of the analysis arise from the presence of redeposited and adventitious pollen in the sediments. Components of the fossil flora are identified as belonging to particular environments and communities. The late-glacial composition of plant communities are specified and detailed.

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕНТОЧНЫХ ГЛИН ОНЕЖСКОГО ПРИЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА (НОВЫЕ ДАННЫЕ)

^{1,2}Лаврова Н.Б., ²Субетто Д.А.
ИГ КарНЦ РАН¹,
ИВПС КарНЦ РАН²

В ходе таяния последнего ледникового покрова и по мере отступления его края, в котловине Онежского озера и на прилегающих низменностях начал формироваться крупный приледниковый водоем, размеры и уровни которого постоянно менялись. Дегляциация котловины Онежского озера началась 12400 лет назад (л.н.) и закончилась примерно 11600 л.н., когда ледник отступил от северной части Заонежского п-ова (Демидов, 2005, 2006 и др.). Донные отложения представлены озерно-ледниковыми ленточными глинами позднеледниковья, перекрытыми озерными гомогенными глинами, алевритами и илами голоцена. Ленточные глины залегают, как правило, на морене последнего поздневалдайского оледенения и развиты на большей части дна котловины озера, а также в пределах прилегающих низменностей до абсолютных высот 80-90 м. В целом в разрезах насчитывается до 1300 годичных лент.

Онежское приледниковое озеро (ОПО) потеряло непосредственную связь с краем ледника ~11300 л.н. На протяжении последующих 600 лет ледник находился в водосборном бассейне озера и в водоеме осаждались микрослоистые глины. По результатам палинологического (Лаврова, 2004) и варвометрического (Saarnisto, Saarinen, 2001) анализов установлено, что формирование ленточных глин в центральной части озера завершилось в позднем дриасе, около 10700 л. н., когда край ледника отступил от краевых образований стадии сальпаусселькя I.

Содержание пыльцы и спор в ленточных глинах невелико, это обусловлено слабо развитым фрагментарным растительным покровом, низкой пыльцевой продуктивностью растений в холодных условиях позднеледниковья и высокой скоростью осадконакопления. Во всех изученных разрезах зафиксировано значительное содержание пыльцы древесных пород (*Betula sect. Albae*). Следует отметить, что в условиях несомкнутого растительного покрова, то есть при отсутствии естественного растительного фильтра, дальность разноса пыльцы значительно увеличивается. Следовательно, спорово-пыльцевые спектры (СПС) позднеледниковых отложений могут быть засорены дальнезаносной пылью, особенно хорошо транспортабельной пылью древесных пород. Усиление эрозионных процессов, вызванных деятельностью ледника и его талых вод, приводит к вымыванию и переотложению пыльцы. Большое количество пыльцы и спор привносилось в водоем непосредственно с тающего ледника вместе с мелкими фракциями породы. Вполне вероятно, что переотложенной является часть пыльцы бореальных деревьев, долю которых трудно, да и невозможно определить. При отсутствии конкуренции, некоторые растения, по-видимому, имели более широкую экологическую амплитуду, чем в настоящее время и, вероятно, могли расселяться там, куда попадали их диаспоры. Высокой степенью приспособляемости к низким

температурам, холодным маломощным почвам и многолетней мерзлоте обладают *Betula czerepanovii*, *B. pubescens*, *Alnaster fruticosus*, *Alnus incana*.

Далее представлены результаты палинологического изучения ленточных глин озер, бывших частью Онежского приледникового озера (оз. Горнозеро и оз. Сяргозеро).

Озеро Горнозеро (60°42'39" с.ш., 35°47'29" в.д., 95 м над у.м.) расположено примерно в 25 км от южного побережья современного Онежского озера, у дистального склона мощной конечно-моренной гряды. Здесь встречены наиболее древние и находящиеся на высоких абсолютных отметках (84-87 м) ленточные глины ОПО. Завершение формирования ленточных глин, включающих около 100 годичных лент в разрезе Горнозеро и переход к накоплению алевритов отражает падение уровня ОПО со 106 до 80 м в связи с открытием стока по р. Свирь. С этого времени Горнозеро развивается как самостоятельный водоем. Если открытие р. Свирь имело место около 12250 л. н. (Saarnisto, Saarinen, 2001), то накопление метровой толщи ленточных глин Горнозера началось около 12350-12500 л.н. (Демидов, 2005).

Отложения древнего дриаса (12300—11800 л.н.) вскрытые в южной части ОПО, представлены ленточными глинами и, частично, алевритами. Количество пыльцы древесных пород составляет около 50 %, почти равные доли процентов (~25%) принадлежат пыльце травянистых и спорам. В СПС доминирует пыльца *Betula* sect. *Albae*, *Alnus*, среди трав преобладают *Artemisia*, споровых — *Polypodiaceae* и *Bryales*. Часть пыльцы древесных была дальнезаносной, часть переотложенной, что подтверждается присутствием дочетвертичных спороморф и пыльцы термофильных пород. По палеогеографическим реконструкциям, основанным на строении поверхностных отложений и слагаемых ими форм рельефа, в южной и восточной Карелии в древнем дриасе были чрезвычайно широко распространены поля мертвых льдов (Демидов, 2005). Обитание древесных пород в условиях сурового климата на территории исследования при широком распространении полей мертвого льда на водоразделах, непосредственной близости ледника, перекрывавшего большую часть ОПО, отсутствии сформированных почв, расценивается как невозможное. На свободной от блоков мертвого льда территории основной фон ландшафта представлен оголенными минеральными субстратами, наряду с ограниченными участками, занятыми палеосообществами (ПС). Пионерами зарастания на голом субстрате территорий, недавно освободившихся ото льда и вод приледникового водоема, по всей вероятности, были низшие растения, главным образом, водоросли, лишайники, а также мхи, подготавливающие грунты для внедрения более требовательных растений. Важное значение для расселения растений имеют такие факторы как способность переноса зачатков на большие расстояния, массовость заноса, сохранение всхожести. Этим требованиям отвечают виды семейства *Chenopodiaceae*, производящие большое количество семян и долго сохраняющие всхожесть. На значительные расстояния разносятся семена из родов *Saxifraga*, *Artemisia*, плодики *Dryas*.

В растительном покрове преобладали ПС на несформированных почвах, щебнистых и каменистых грунтах (*Chenopodium album*, *Ch. polyspermum*, *Ch. rubrum*, *Eurotia ceratoides*, *Dryas octopetala*, *Saxifraga oppositifolia*, *Thalictrum alpinum*, *Botrychium boreale* виды из родов *Armeria*, *Artemisia*, *Draba*, *Ephedra*, *Helianthemum*, *Polemonium*, семейств *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Rosaceae*, *Scrophulariaceae*). Ограниченное распространение имели дриадовые тундровые ПС на каменистых грунтах (*Dryas octopetala*, *Saxifraga oppositifolia*, виды рода *Draba*, семейства *Caryophyllaceae*), а также тундровые ерниковые, ерnikово-зеленомошные ПС, занимавшие влажные склоны и незначительные депрессии рельефа (*Betula nana*, *Salix*, *Bryales*, *Polygonum bistorta*, *Rubus chamaemorus*, *Dryas octopetala*, *Pedicularis*, *Lycopodium pungens*, *Selaginella selaginoides* и др).

Нерасчлененные позднеледниковые отложения, представленные ленточными глинами, отбурены в оз. Сяргозеро (62°45' с.ш., 34°91' в.д., 48.4 м над у.м.)

расположенном на Заонежском полуострове. Территория освободилась от ледника около 11500 л.н. и была почти полностью покрыта водами Онежского приледникового водоема, над водной поверхностью возвышались лишь отдельные острова. Уровень ОПО при общей тенденции к понижению значительно колебался. По мере снижения уровня Онежского озера над поверхностью воды поднимались новые острова, которые в дальнейшем соединялись в более крупные.

Данные палинологического анализа показали, что количество пыльцы древесных колеблется по всему разрезу в пределах 30—40%, травянистых 30—55%, споровых 10—15%. Следует отметить, что формирование донных отложений ОПО делает СПС этих отложений для стадиялов и интерстадиялов мало отличимыми друг от друга по своим палинологическим характеристикам. Это связано с охлаждающим влиянием ледника на местную растительность и засорением спектров как переотложенной, так и заносной пылью растений. Следовательно, при изучении позднеледниковых отложений важное значение приобретает видовое определение пыльцы и спор, позволяющее установить экологические и ценоотические связи растений, на основе которых выполняется реконструкция растительных сообществ, с учетом контролирующих экологических факторов. Согласно полученным данным, ископаемая флора позднеледниковых отложений ОПО представлена видами арктоальпийскими (*Diphasiastrum alpinum*, *Dryas octopetala*, *Salix herbacea*, *Saxifraga oppositifolia*, *Thalictrum alpinum*), гипоарктическими (*Atriplex nudicaulis*, *Betula nana*, *B. czerepanovii*, *Diphasiastrum complanatum*, *Selaginella selaginoides*, *Rubus chamaemorus*), степными (*Ephedra distachya*, *Eurotia ceratoides*, виды *Artemisia*) и бореальными (*Alnus incana*, *Betula pubescens*, *Juniperus communis*, *Lycopodium annotinum*, *Polygonum bistorta*, и др.). Вполне вероятно, присутствовали арктические виды из родов *Armeria*, *Draba*, *Salix*, *Saxifraga* и др. По ценоотической приуроченности определены виды тундровых, лесотундровых, степных и лесных сообществ, а также виды произрастающие на щебнистых и каменистых грунтах и несформированных почвах. Весьма разнообразны выявленные виды по своим экологическим требованиям. Идентифицированы ксерофиты, мезофиты, гигрофиты, псаммофиты, петрофиты, галофиты, гелиофиты и др. Анализ таксонов растений свидетельствует о мозаичной структуре позднеледниковой растительности, не имеющей аналогов в современности. Видовые определения позволили конкретизировать палеосообщества, с учётом эколого-ценоотической приуроченности видов растений. Освободившиеся от ледникового покрова и вод ОПО участки занимали сообщества на несформированных почвах, щебнистых и каменистых грунтах, впоследствии их сменяли дриадовые тундры. На сухих каменистых грунтах на вершинах гряд, холмов и наветренных склонах, лишенных снежного покрова произрастали хионофобы — *Saxifraga oppositifolia*, *Dryas octopetala*, виды *Poaceae*, лишайники. Ерниковые и ерnikово-зеленомошные тундровые ПС (*Betula nana*, *Salix*, *Bryales*, *Polygonum bistorta*, *Rubus chamaemorus*, виды *Pedicularis*, а также *Lycopodium pungens*, *Selaginella selaginoides* и др.) занимали равнинные участки и незначительные депрессии рельефа. Ивовые тундровые сообщества располагались на защищенных склонах, в ложбинах с достаточным слоем мелкозема и довольно обильным увлажнением. По мере образования почв и улучшения климатической обстановки на изучаемую территорию проникали кустарники и древесные породы — *Betula pubescens*, *B. czerepanovii*, *Alnaster fruticosus*, *Alnus incana*. На склонах и у их подножий, в других защищенных местообитаниях, как правило с поздним сходом снега, могли произрастать лугоподобные сообщества, в состав которых входили *Polygonum viviparum*, *Polygonum bistorta*, *Sanguisorba officinalis*, *Selaginella selaginoides*, *Thalictrum alpinum*, виды из семейств *Apiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Gentianaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Scrophulariaceae*, *Primulaceae* и др. Ископаемая флора имеет значительные черты сходства с флорой одновозрастных отложений из центральной части Онежского озера

(Лаврова, 2004) и современных малых озер из его бассейна (Филимонова, Лаврова, 2015).

Работа выполнена в рамках проекта РФФ № 14 - 17 -00766

Список литературы

1. Демидов И.Н. Деградация последнего оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.8. Петрозаводск. КарНЦРАН .2005. С. 134–142.
2. Демидов И.Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.9. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 2006. С. 171–180.
3. Лаврова Н.Б. Палинологическая характеристика донных отложения Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.7. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2004. С. 207–218.
4. Филимонова Л.В., Лаврова Н.Б. Палеогеография Заонежского полуострова в позднем плейстоцене и голоцене // Тр. КарНЦ РАН, сер. Биogeография. 2015. № 4. С. 30-47.
5. Saarnisto M, Saarinen T. Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the lake Onega basin to the Salpausselkyä End Moraine // Global and Planetary Changes. 31. Elsevier Science. 2001. P. 387–405. [doi:10.1016/S0921-8181\(01\)00131-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(01)00131-X)

RECONSTRUCTION OF HOLOCENE PALAEOCLIMATE AND PALAEOENVIRONMENT ON THE KOLA PENINSULA (NW RUSSIA) FROM LAKE SEDIMENT RECORD

Syrykh L.^{1,2}, Nazarova L.³, Frolova L.⁴, Grekov I.², Ibragimova A.⁴, Subetto D.^{1,2}

¹ Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

² Alexander Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

³Potsdam University, Institute of Earth and Environmental Science, Potsdam, Germany

⁴ Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

Studying effects of changes of climatic parameters, influencing first of all highly sensitive Arctic regions of the Earth, is very important for understanding of present and past climate trends. The Kola Peninsula lies almost entirely above the Arctic Circle and is a perspective area for the paleoclimatic and paleoecological studies.

Aquatic organisms, including chironomids, are recognized as the best indicators for quantifying past changes in air temperature or lake chemistry and are widely used in palaeoecology (Letter et al., 1997; Brooks and Birks, 2000; Battarbee, 2000; Massaferrero and Brooks, 2002; Solovieva et al., 2005). The larval head capsules preserve well in lake sediment deposits and the subfossils are readily identifiable in most cases at least to species morphotype. The abundance and distribution of most chironomid taxa are temperature-dependent, and they respond rapidly to climate change.

We investigated Lake Antyukh-Lambina (Kola Peninsula, N 67.07; E 33.31). The lake is connected by a narrow strait with the Lake Kolvitskoye. We studied a 3 m long lake sediments core and surface samples and performed a lithological, Loss of Ignition and micropalaeontological (in particular chironomid) analyses. Mean July air T was reconstructed using North-Russian chironomid-based inference model (Nazarova et al., 2015). Analyses of lithological sequences and radiocarbon dating of sediments present a clear outline of the development of the lake ecosystem and studied region from 13000 cal years BP to the present day.

Cluster analysis identified four main stratigraphic zones. There was a shift in taxonomic composition of chironomids during the lake development. Zone 1 (13000 – 11000 cal years BP): Lowermost zone is marked by dominance of chironomid taxa associated with macrophytes. In the upper part of the zone *Chironomus plumosus*-type is dominant, a taxon that is tolerant to low oxygen concentrations and sometimes to acidification. We assume that during this initial stage of the lake formation the lake was surrounded by wetlands, and the lake water was eutrophic. Zone 2 (11000 – 8700 cal years BP): The chironomid communities include many taxa associated with aquatic vegetation, and the taxa indicators of the moderate or cool temperature conditions. Species composition of chironomid communities indicates some cooling. Zone 3 (8700 – 4400 cal years BP): The dominant taxon *Sergentia coracina*-type (cold-water and acidophilic) is decreasing in the upper part of the zone, and *Heterotrissocladius marcidus*-type, and then *Heterotrissocladius maeaeri*-type 1 become dominant. Across the zone *Microtendipes pedellus*-type (medium temperature) is frequently met. Reconstructed air temperatures are higher than in the previous zone. Zone 4 (4400 cal years BP to present): Cold-water taxa dominate. Reconstructed conditions are close to modern.

The reported study was supported by RFBR, research project № 16-35-50036 mol_nr, №13-05-41457 RGO_a

Section 4.

Reconstructions of the natural-climatic events by paleolimnological data

Направление 4.

Реконструкции природно-климатических обстановок по палеолимонологическим данным.

Oral section

Устные доклады

INTERPRETATION OF PALYNOLOGICAL DATA ON SEDIMENTS OF SMALL LAKES IN DIFFERENT LANDSCAPE AND CLIMATIC CONDITIONS

O. K. Borisova

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

Comparison of changes in pollen percentages, concentrations, and accumulation rates of four tree species (*Picea abies*, *Larix* sp., *Pinus sylvestris*, and *Betula* sect. *Albae*) in the sediments of two small lakes, located near the southern and northern boundaries of the boreal forest zone, allow detailed reconstructions of the development of forest communities near the studied sections in the Late Glacial and Holocene. The reconstructions are confirmed by finds of conifer stomata in the lake deposits, which indicate the local presence of larch and spruce beyond the present-day northern tree line until approximately 4.5 thousand years ago.

К ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ОСАДКАМ МАЛЫХ ОЗЕР В РАЗНЫХ ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

О. К. Борисова

Институт географии РАН, Москва

Отложения малых озер (МО), чаши которых образованы слабо размываемыми породами, обладают рядом преимуществ по сравнению с другими традиционными объектами палинологических исследований (торфяниками, с одной стороны, и иными флювиальными отложениями, с другой стороны). Стабильные условия

осадконакопления в таких озерах приводят к устойчивым скоростям аккумуляции. Благоприятные условия захоронения в озерных отложениях обеспечивают обилие и хорошую сохранность пыльцы (п.). Ценную дополнительную информацию при интерпретации данных по осадкам МО дает изучение п. гигро- и гидрофитов и др. микрофоссилий растительного происхождения (фрагментов тканей водных и наземных растений, в частности, устьиц хвойных пород – специальных групп клеток, служащих для газообмена с атмосферой). Осадки МО нередко содержат достаточно органических веществ для конверсионного радиоуглеродного датирования, однако наиболее надежными для построения шкалы времени являются AMS-датировки по фрагментам наземных растений, извлеченным из озерных отложений (MacDonald et al., 1991).

Сравнение пыльцевых диаграмм, построенных разными способами по одним и тем же исходным данным, наглядно показывает, что доля каждого таксона в спектре определяется не только количеством его п. в осадке, но и количеством п. других растений, включенных в ту же расчетную сумму (Борисова, 2011). Колебания содержания п. растений, обладающих высокой продуктивностью (например, сосны и березы), определяют основные черты хода кривых на процентных диаграммах и могут маскировать или даже исказить реальные изменения количества п. относительно малочисленных таксонов. В связи с этим, при интерпретации палинологических данных полезен учет концентрации п. (КП) (количества пыльцевых зерен в 1 см³ осадка). Изменения КП характеризуют каждый таксон индивидуально и независимо от прочих компонентов спектра. Расчеты КП проводятся по заданной концентрации специально добавляемых к осадку «маркирующих» спор *Lycopodium* (Stockmarr, 1971) при помощи компьютерной программы для статистической обработки результатов пыльцевого анализа TILIA (Grimm, 1990). Изменяясь в широких пределах (на 1-2 порядка в одном разрезе), КП позволяет подробно проследить изменения роли каждого таксона, в том числе растений, продуцирующих мало п. Помимо количества поступающей в осадок п., КП зависит от скорости аккумуляции самого осадка. При наличии временной шкалы, обеспеченной серией ¹⁴C датировок, для каждого таксона можно рассчитать также удельную скорость аккумуляции (СА) – число зерен, выпадавших на 1 см² поверхности осадка в год. В свою очередь, СА сопоставимы с результатами исследований современного пыльцевого дождя в разных ландшафтных обстановках (Seppä, Hicks, 2006; и др.).

Применение описанных выше методов можно рассмотреть на примере данных по двум МО, расположенным вблизи южной и северной границ зоны тайги. Озеро Долгое (56°04' с. ш., 37°20' в. д.) находится на востоке Клинско-Дмитровской гряды, в подзоне широколиственно-еловых лесов (Kremenetski et al., 2000). Озеро TL-1-1 (70°23' с. ш., 87°44' в. д.) расположено на юго-западе п-ова Таймыр в 70 км к северу от современной границы леса, образованной на этом участке лиственницей и елью. Содержания п. бореальных лесообразующих пород (ели, лиственницы, сосны и древовидной березы – *Betula sect. Albae*), рассчитанные в процентах от общей суммы п. наземных растений, показаны на рис. 1 в одинаковом для обоих разрезов масштабе. Почти по всему разрезу оз. Долгое (рис. 1а) в процентном отношении преобладает п. березы, хотя в слоях, позднего аллерёда и субатлантика содержания п. березы, ели и сосны близки между собой, а в раннем голоцене, где доля п. *Betula* наибольшая по разрезу (до 70%), достигает своего максимума (~30%) доля п. сосны. Анализ КП этих пород, сопоставимых по пыльцевой продуктивности, показывает, что в данном случае процентная диаграмма корректно отражает основные тенденции изменений их доли в составе растительных сообществ на окружающей разрез территории, и наиболее отчетливо проявляются изменения количества п. самого массового компонента спектров – белой березы. КП_{Betula} в бореале/раннем атлантике достигает 400000 зерен в 1 см³. Из трех почти равноценных «пиков» п. сосны на процентной диаграмме двум более поздним соответствуют КП_{Pinus} ~100000 зерен в 1 см³, тогда как в отложениях позднего аллерёда КП_{Pinus} меньше на два порядка. Если процентные содержания п. ели в

субатлантике всего в 2-4 раза больше, чем в позднем аллереде, то $KП_{Picea}$ для этих интервалов различаются в 40-50 раз. В позднеледниковой части разреза Долгое почти в каждом образце единично встречается п. лиственницы. Как известно, п. *Larix* плохо сохраняется в осадках и не всегда обнаруживается даже в современных пробах, отобранных в лиственничном лесу. $KП_{Larix}$ в основании разреза Долгое не превышают 300 зерен в 1 см^3 , что на порядок меньше $KП_{Picea}$ в тех же слоях. Тем не менее, находки п. *Larix* показывают, что лиственница в позднеледниковье, несомненно, встречалась в центральной части Русской равнины. Локальное присутствие ели подтверждают единичные находки устьиц *Picea* в позднеледниковых слоях разреза.

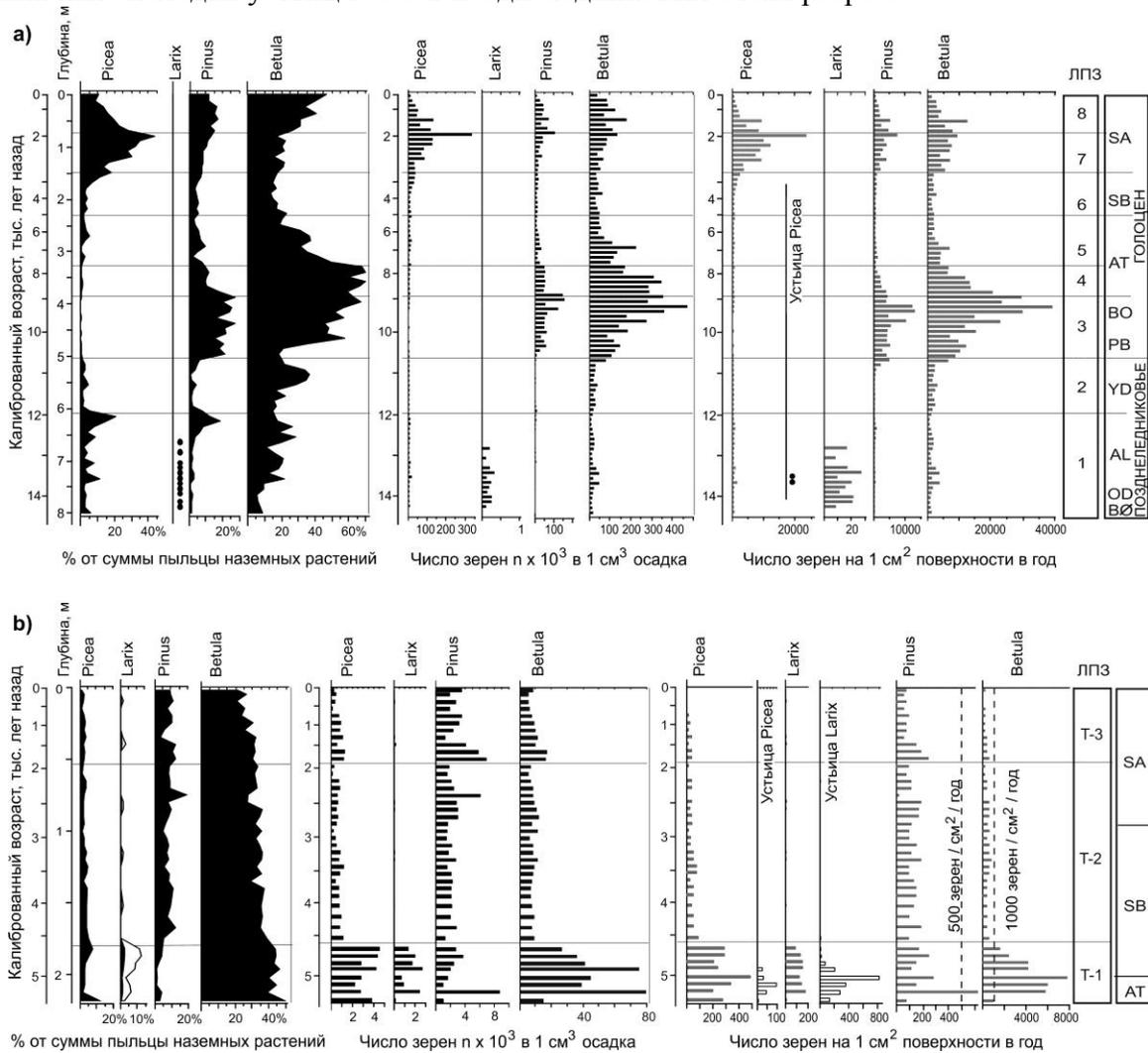


Рис. 1. Распределение пыльцы ели, лиственницы, сосны и березы в отложениях малых озер: а) оз. Долгое; б) оз. TL-1-1.

По всему разрезу TL-1-1 в составе спектров преобладает п. березы (рис. 1б): ее содержание с небольшими колебаниями сокращается вверх по разрезу с 50 до 25%. В зоне T-1 постоянно присутствует в малом количестве (<2%) п. *Larix*, которая выше по разрезу встречается спорадически. Содержания п. ели довольно устойчивы и редко превышают 5%. Доля п. сосны в зонах T-2 и T-3 составляет в среднем ~10%. В основании разреза (зона T-1) процентные содержания п. *Picea* и *Pinus* наиболее низкие. Сравнение процентной диаграммы с изменениями КП тех же таксонов показывает, что в данном случае изобилие п. березы совершенно затушевывает реальные изменения количества п. прочих компонентов спектров. Так, в зоне T-1 $KП_{Picea}$ в 3-4 раза выше, чем в остальной части разреза (до 4000 зерен в 1 см^3), а $KП_{Larix}$ достигают 2000 зерен в 1 см^3 , т.е. на порядок больше, чем в основании разреза Долгое. $KП_{Betula}$ в зоне T-1 в 4-5 раз

больше, чем в вышележащих слоях, но даже такое резкое изменение в обилии ее п. слабо отражается на процентной диаграмме, поскольку $KП_{Betula}$ по всему разрезу в десятки раз превосходит $KП$ прочих древесных пород. $KП_{Betula}$ в основании разреза TL-1-1 сравнимы с ее $KП$ в позднеледниковых слоях оз. Долгое; в среднем голоцене $KП_{Betula}$ возрастает там еще на порядок, достигая 300-400 тыс. зерен в 1 см^3 (см. рис. 1а).

В настоящее время озеро TL-1-1 находится в подзоне южной (кустарниковой) тундры, и вся п. деревьев попадает в его отложения в результате заноса ветром. В этом случае принципиально важно решить вопросы о действительном участии той или иной древесной породы в составе локальной растительности в прошлом и, о времени ее появления или исчезновения вблизи изучаемого разреза. Исследования состава современного пыльцевого дождя по обе стороны от северной границы леса в Финской Лапландии (Seppä, Hicks, 2006) позволили определить характерные СА п. сосны и березы, соответствующие разной степени участия этих пород в сообществах вблизи северной границы леса. Сравнение показывает, что древовидная береза росла вокруг озера TL-1-1 до ~4,5 тыс. лет назад ($СА_{Betula}$ в соответствующем слое превышает 1000 зерен на см^2 в год), тогда как в более поздних отложениях п. березы является заносной. Низкие $СА_{Pinus}$ позволяют заключить, что в течение всего времени, охваченного разрезом, сосна вблизи озера не встречалась. В нижней части зоны Т-1, помимо п., обнаружены устьица *Picea*, что, безусловно, свидетельствует о локальном присутствии ели. Устьица лиственницы содержатся в этом слое даже в большем количестве, чем ее п. – до 5000, а в одном образце ~10000 в 1 см^3 осадка. Приведенные данные показывают, что и ель, и лиственница росли на ныне безлесном водосборе озера до 4,5 тыс. ^{14}C л. н. Около 4,4 тыс. ^{14}C л. н. (~5 тыс. калибр. л. н.) ель выпала из фитоценозов на этой территории, но, вероятно, продолжала расти на соседних участках еще 200-300 лет, как показывают высокие $СА_{Picea}$ в верхней части зоны Т-1. Лиственница исчезла в окрестностях озера несколько позже, чем ель – около 4,2 тыс. ^{14}C л. н. (~4,7 тыс. калибр. л. н.). Находки п. *Picea* в зонах Т-2 и Т-3, где $СА_{Picea}$ меньше 100 зерен в 1 см^3 , объясняются ее ветровым заносом.

Список литературы

1. Борисова О.К., 2011. Интерпретация палинологических данных с учетом концентрации и скорости аккумуляции пыльцы и спор // Проблемы современной палинологии. М-лы XIII Российской палинологической конференции, Сыктывкар, 5–8 сентября 2011 г. Т. 1. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН. С. 85–89.
2. Grimm E.C., 1990. TILIA and TILIA*GRAPH.PC spreadsheet and graphics software for pollen data // INQUA, Working Group on Data-Handling Methods, Newsletter. Vol. 4. P. 5–7.
3. Kremenetski K.V., Borisova O.K., Zelikson E.M., 2000. The Late Glacial and Holocene history of vegetation in the Moscow region // Paleontological J. Vol. 34. Suppl. 1. P. S67-S74.
4. MacDonald G.M., Beukens R.P., Kieser W.E., 1991. Radiocarbon dating of limnic sediments: a comparative analysis and discussion. Ecology. Vol. 72. P. 1150–1155.
5. Seppä H., Hicks S., 2006. Integration of modern and past pollen accumulation rate (PAR) records across the arctic tree-line: a method for more precise vegetation reconstructions // Quaternary Science Reviews. Vol. 25. P. 1501–1516.
6. Stockmarr J., 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et Spores. Vol. 13. P. 614–621.

COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS FROM LAKES OF WESTERN SIBERIA SOUTH PART AS AN INDICATOR OF HOLOCENE CLIMATE CHANGES

P.A. Solotchin, E.P. Solotchina, A.N. Zhdanova, I.V. Danilenko
The V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the RAS

We present results of a complex study of the Holocene bottom sediments of shallow Lake Chany localized in the Baraba steppe region (South part of Western Siberia). The sediments were studied by X-ray diffraction analysis, laser particle size analysis, IR spectroscopy, isotope analysis, etc. A new high-resolution Holocene climate record has been obtained on the basis of detailed mineralogical investigations of endogenic carbonates. It bears the information about the stratigraphic distribution of Mg-calcites, in which the amount and proportions of phases with different Mg contents are controlled by Mg/Ca, salinity, and total alkalinity of the lake water changing depending on the climatic cycles and lake level fluctuations.

СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК ИНДИКАТОР КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ГОЛОЦЕНЕ

П.А. Солотчин, Э.П. Солотчина, А.Н. Жданова, И.В. Даниленко
*Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск,
просп. Коптюга, 3, Россия*

Озера, наряду с другими природными архивами (ледниками, торфяниками и др.), хранят уникальные записи изменения окружающей среды и климатических событий. В составе озерных осадков отражены динамика поступления вещества в водоем и условия накопления осадка, включая изменения климата. Особого внимания заслуживают летописи климатических событий в голоцене, которые необходимы для понимания динамики современного климата и для прогноза его будущих изменений. Наиболее информативными считаются отложения минеральных озер аридных и семиаридных зон, которые в силу своих небольших размеров обладают высокой чувствительностью к климатическим изменениям [1].

Одним из таких природных архивов на юге Западной Сибири является озеро Чаны, расположенное в центре Барабинской степи. Озеро бессточное, мелководное, средняя глубина 2,2 м, площадь водной поверхности составляет около 1700 км². Основное питание озеро получает за счет стока рек Каргат и Чулым. Озеро имеет сложную конфигурацию и, фактически, представляет собой озерную систему, состоящую из трех бассейнов различной солёности: Большие Чаны, Малые Чаны и Яркуль, которые соединены протоками [2]. Климат в районе озера континентальный с суровыми зимами, сухими и ветреными веснами, жарким коротким летом. Объект наших исследований – донные осадки Яркового плеса, являющегося частью солоноватоводного оз. Большие Чаны. Эта часть озера получает питание благодаря весенним боковым притокам, осадкам и грунтовым водам. Минерализация вод Яркового плёса 7,0 г/л, рН=8,8, карбонатная щёлочность $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- = 16500$ мг/л. Современный ионно-солевой состав следующий (мг/л): Cl^- (3040), SO_4^{2-} (1090), Na^+ (2560), K^+ (40), Mg^{2+} (630), Ca^{2+} (40). Керна длиной 325 см был поднят в центральной части Яркового плёса. Опробование керна проводилось через 4 см, проанализировано 52 пробы.

Литолого-минералогическое изучение образцов проводилось в ЦКП ИГМ СО РАН методами лазерной гранулометрии, рентгеновской дифрактометрии, ИК-спектроскопии, электронной микроскопии, элементный состав определялся методами РФА СИ и ААС. Анализ стабильных изотопов ¹⁸O и ¹³C выполнен методом масс-спектрометрии. Возраст осадков определялся методами гамма-спектрометрии по ²¹⁰Pb и ускорительной масс-спектрометрии (AMS) по ¹⁴C. Детальная карбонатная минералогия была выполнена методом математического моделирования сложных XRD профилей. Для выявления всего спектра присутствующих в образцах карбонатных нами использовалось разложение их сложных XRD-профилей на индивидуальные пики функцией Пирсона VII [3, 4].

Донные отложения Ярковского плеса представлены преимущественно алевритовым и пелитовым материалом с различной примесью песка (рис. 1). В подошве разреза (325-274 см) залегает слой слабоизмененных покровных отложений (гривная толща), представляющих собой плотные опесчаненные глинисто-алевритовые осадки. Выше по разрезу, в интервале 274-200 см эта толща постепенно переходит в отложения, напоминающие почву болотного типа, которые, вероятно, накапливались в условиях тростникового займища или болотистой низины. В подошве этого горизонта наблюдается повышенное, до ~30% осадка содержание карбонатов. В то же время в интервале 240-220 см карбонаты либо полностью отсутствуют, либо их содержание минимально (1-2%). В интервале 200-0 см залегают отложения озера, похожего на современное. Они также представлены преимущественно смесью алевритового и пелитового материала с некоторой примесью песка, однако в нижней четверти интервала (200-130 см) доля песчаной фракции весьма значительна и составляет до 40-80%. Выше 130 см доля песка резко падает (< 5%), керн представлен пелитово-алевритовыми осадками с высокой влажностью; содержание карбонатов в них колеблется в пределах 10-25%. Можно полагать, что глубина озера в этом интервале была больше по сравнению с опесчаненной толщей.

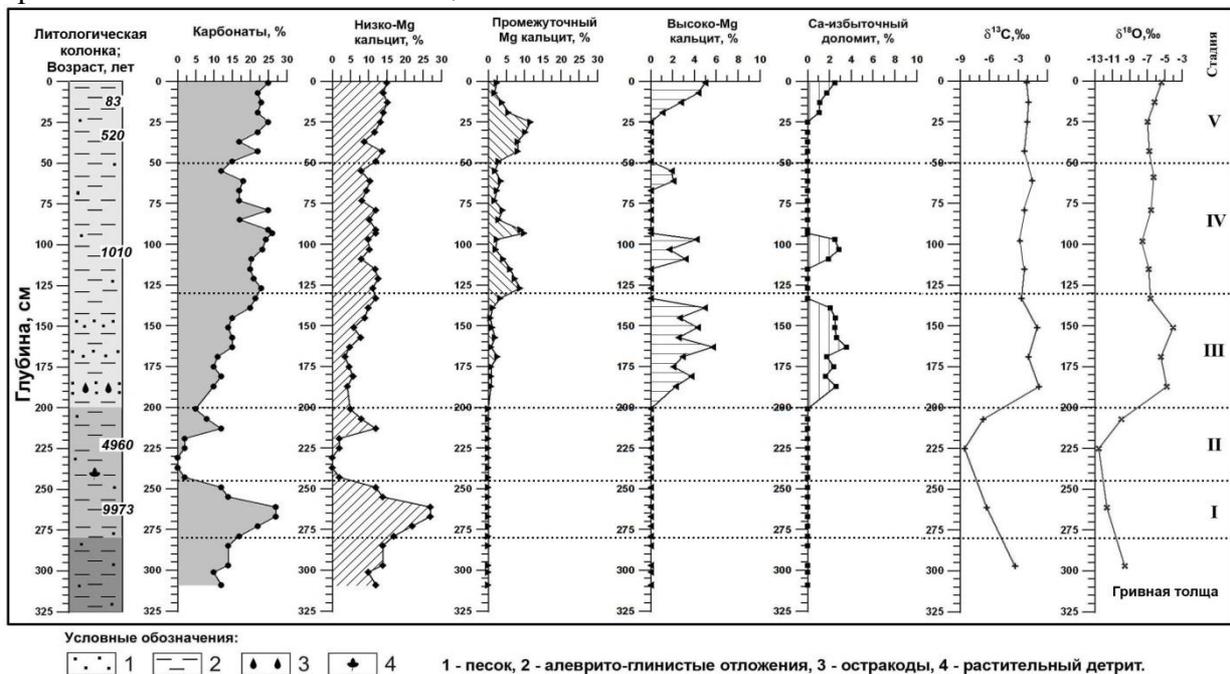


Рис. 1. Литологическая колонка голоценового осадочного разреза Ярковского плеса, возрастная модель, распределение карбонатных минералов и стабильных изотопов ($\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$).

В минеральном составе донных осадков Ярковского плеса по данным XRD анализа и ИК-спектроскопии преобладают кварц, полевые шпаты, карбонаты, в подчиненном количестве отмечаются слюда, хлорит, пирит. Доля карбонатов в большинстве образцов осадочной толщи составляет около 20% от минерального состава осадка, причем резкие колебания их содержания от 0 до 30% наблюдаются в нижней части разреза (рис. 1). Карбонатные минералы в основном относятся к кальцит-доломитовому ряду и представлены Mg-кальцитами $(\text{Ca,Mg})\text{CO}_3$ и Ca-избыточными доломитами. Кроме того, в интервале 55-150 см присутствует арагонит в количестве, не превышающем 10% от содержания карбонатов. В самом факте присутствия тех или иных карбонатов, последовательности их осаждения скрыты физико-химические факторы осадконакопления (Mg/Ca-отношение, соленость, карбонатная щелочность, величина pH и биологическая продуктивность палеобассейна), определяемые главным образом

климатом и рельефом местности. Разложение XRD профилей карбонатов показало, что в образцах присутствуют до 4-х карбонатных фаз кальцит-доломитового ряда, количественные соотношения которых меняются в разрезе (рис. 1). В ассоциации карбонатных минералов практически постоянным компонентом является низко-Mg кальцит, кроме него на отдельных интервалах присутствуют промежуточный Mg-кальцит, высоко-Mg кальцит и Са-избыточный доломит.

На основании литолого-минералогических исследований донных осадков Ярковского плеса оз. Чаны нами выделено 5 стадий его эволюции, отражающих изменения климатических условий в регионе на протяжении голоцена (рис. 1). В осадках (стадия I), залегающих на слое покровных отложений (гривной толще), имеющих радиоуглеродный возраст (^{14}C) около 10 тыс. лет, наблюдается пик карбонатности, возможно, связанный с миграцией солей, обогащенных кальцием, к основанию почвенно-болотной толщи. Карбонаты представлены низко-Mg кальцитом, что указывает на относительно влажный климат. Известно, что осаждение низко-Mg кальцитов происходит в условиях умеренной насыщенности вод по карбонатам и умеренной солености [5].

Самая многоводная фаза приходится на стадию II (240-200 см). Осаждение карбонатов минимально или вовсе не происходит. Подток солей кальция из нижележащих горизонтов отсутствует. В осадках преобладают терригенные минералы – кварц и плагиоклаз. Низкие значения $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ свидетельствуют в пользу положительного гидрологического баланса озера – увеличения притока метеорных вод, обогащенных легкими изотопами кислорода и углерода.

Стадия III (200-130 см) характеризуется мелководными условиями и повышенной соленостью вод. В эту стадию идет довольно активное осаждение высоко-Mg кальцита и Са-избыточного доломита. Низкая скорость седиментации (~0,03 см/год) не исключает возможность перерыва в осадконакоплении в стадию III. О значительном обмелении озера в этот период свидетельствует одновременно резкое повышение значений $\delta^{18}\text{O}$ до -4‰ и $\delta^{13}\text{C}$ до -1‰.

В стадию IV среди карбонатов доминируют низкомагнезиальные и промежуточные разновидности кальцитов, эпизодически наблюдается осаждение высоко-Mg кальцитов и Са-избыточных доломитов. Значения $\delta^{18}\text{O}$ понижены относительно стадии III и остаются практически неизменными на уровне -7‰, что указывает на увеличение притока метеорных вод и относительно стабильные условия в водоеме.

В нижней половине стадии V установлены лишь низкомагнезиальные и промежуточные кальциты. Значения $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ аналогичны таковым в стадию IV. Однако в верхней половине стадии наблюдается появление высоко-Mg кальцита и Са-избыточного доломита, что свидетельствует о процессе обмеления озера и аридизации климата. Подтверждением этого служит увеличение содержания тяжелого изотопа ^{18}O до -5‰. Все это указывает на уменьшение увлажненности климата, продолжающееся до наших дней.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 14-05-00296 и № 16-05-00244).

Список литературы

1. Last W.M. Geolimnology of salt lakes // *Geosci. J.*, 2002, v. 6, № 4, p. 347-369.
2. Пульсирующее озеро Чаны / Под ред. Н. П. Смирновой, А. В. Шнитникова. Л., Изд-во Наука, Ленингр. отд-ние, 1982, 304 с.
3. Солотчина Э.П., Скляров Е.В., Солотчин П.А., Вологина Е.Г., Столповская В.Н., Склярова О.А., Ухова Н.Н. Реконструкция климата голоцена на основе карбонатной осадочной летописи малого соленого озера Верхнее Белое (Западное Забайкалье) // *Геология и геофизика*, 2012, т. 53 (12), с. 1756-1775.

4. Солотчина Э.П., Солотчин П.А. Состав и структура низкотемпературных природных карбонатов кальцит-доломитового ряда // Журнал структурной химии, 2014б, т. 55, № 4, с. 814-820.
5. Нечипоренко Г.О., Бондаренко Г.П. Условия образования морских карбонатов. М., Наука, 1988, 133 с.

NORTH –EURASIAN DATA BASES AND REGIONAL STATISTIC MODELS AS A TOOL FOR PALAEOCLIMATIC INFERENCES

Larisa Nazarova

Potsdam University, Institute of Earth and Environmental Science
Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research

The study of Arctic palaeoenvironmental records enables qualitative and quantitative estimations of past climate changes and provides a basis for prediction of future changes in the region (Andreev et al. 2004). The timing of Holocene climate events in the North Atlantic region is relatively well studied (Bond et al. 2001; Solignac et al. 2006). In contrast, there are few quantitative palaeoclimatic data for eastern Siberia, such that hypotheses regarding the timing and spatial coverage of important climate events, like Holocene Thermal Maximum remain untested. In addition, proxy records from northern Eurasia mostly document environmental changes at low temporal resolution and are derived from pollen studies (Anderson et al. 2002; Andreev et al. 2004). Due to the relatively small magnitude of temperature changes throughout the Holocene, reconstructions based on a single proxy must be interpreted with caution. Furthermore, current global climate warming can be challenging for the lakes and aquatic fauna of eastern Siberia since this region is among the most sensitive areas affected by extreme changes in climate (Smol et al. 2005).

Many studies have explored the potential of aquatic organisms, including chironomids (Order: Diptera, Family: Chironomidae), as Quaternary palaeoclimate indicators (Porinchu and Cwynar 2002; Dieffenbacher-Krall et al. 2007). Chironomid calibration data sets and inference models for reconstructing mean July temperature (Larocque et al. 2001), lake depth (Korhola et al. 2000), salinity (Eggermont et al. 2007) and lake production (Woodward and Shulmeister 2006), have been developed successfully for Western Europe (Olander et al. 1999; Brooks and Birks 2001), North America (Walker et al. 1997; Barley et al. 2006), Africa (Eggermont et al. 2007), New Zealand (Woodward and Shulmeister 2006) and Tasmania (Rees et al. 2008). But still no calibration data sets and inference models have been established for the Russian high latitudes, including Arctic Siberia.

It is known that most of the models have limited application outside of the regions where they have been developed. Differences in faunal composition between sites included in the calibration set and the studied site make data difficult to interpret and results are sometimes unreliable (Lotter et al. 1999). Attempts to apply a transfer function based on a northern Sweden calibration data set (Larocque et al. 2001) to chironomid records from the northern Russia: Nikolay Lake, northern Yakutia (Andreev et al. 2004) and Lake Lyadhej-To, northern Ural (Andreev et al. 2005), have shown that only 50-59.5% of the taxa from fossil lake sediment assemblages appear in the modern calibration data set. The application also shows that reconstruction of the mean air temperature of the warmest month (T_{July}) before 10,650 cal. yr BP and after 7000 cal. yr BP during the Holocene is problematic because of existing taxonomic incompatibility between the fossil and the training set assemblages (Andreev et al. 2005). Therefore, the necessity of a regional data set containing information on the composition, distribution and ecological preferences of the modern chironomid fauna of Russian north remains very high.

Until recent time, only two studies of chironomid ecology quantifying the influence of modern environmental conditions on midge distributions in northern Russia are known (Porinchu and Cwynar 2000; Nazarova et al. 2008). Both of them covered only short climatic gradients: $\Delta T_{\text{air}} = 1.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and $\Delta \text{WD} = 10 \text{ m}$ in Central Yakutian lakes (Nazarova et al. 2008); $\Delta T_{\text{air}} = 8.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and $\Delta \text{WD} = 9.85 \text{ m}$ in lower Lena Delta data set (Porinchu and Cwynar 2000). That was not sufficient for generating inference models for reconstructing temperature or other ecological parameters in Holocene.

We investigated subfossil chironomids from periglacial lakes and other water bodies in Siberia. The environmental data and sediment samples for chironomid analysis were collected in 10 consecutive years, 2003–20013, from several regions of Siberia and Far East. The distance between the most western (Komi, lake K7) and the most eastern (Kolyma, lake KO29) sampling sites is more than 5290 km. The region spreads over different geographical zones: tundra at the Arctic Ocean coast, mountains in the east and south (up to 2000–3000 m a.s.l.) and taiga forests in the west (Tahtadzhan 1978). Due to a harsh environment and extreme difficulty in getting access to the lakes, only limited chironomid studies have been undertaken in this region. The existing studies focused on estimation of productivity of benthic communities (Karationis et al. 1956; Strelezkaja 1972; Ogay 1979; Salova 1993; Tjaptingjanov et al. 1992) or solely on taxonomy or karyotaxonomy of chironomids (Zelentsov and Shilova 1996; Kiknadze et al. 1996; Shobanov et al. 2002).

Mean July temperature (T_{July}) varied from $1.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ in the Laptev Sea region to $18.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ in central Yakutia near Yakutsk. Water depth (WD) varied from 0.1 to 17.1 m. Multivariate statistical analysis of chironomid and environmental data from the combined data set consisting of 268 lakes, located in northern Russia, suggests that mean July air temperature explains the greatest amount of variance in chironomid distribution compared with other measured variables (latitude, longitude, altitude, water depth, lake surface area, pH, conductivity, mean January air temperature, mean July air temperature, and continentality). We established two robust inference models to reconstruct mean summer air temperatures from subfossil chironomids based on ecological and geographical approaches. The North Russian 2-component WA-PLS model ($\text{RMSEP}_{\text{Jack}} = 1.35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $r^2_{\text{Jack}} = 0.87$) can be recommended for application in palaeoclimatic studies in northern Russia. Based on distinctive chironomid fauna and climatic regimes of Kamchatka the Far East 2-component WAPLS model ($\text{RMSEP}_{\text{Jack}} = 1.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $r^2_{\text{Jack}} = 0.81$) has potentially better applicability in Kamchatka.

The study was supported by DFG, AvH and AWI.

Poster section

Постерные доклады

NEW DATA ABOUT HOLOCENE PALEO GEOGRAPHY OF SEVERNAYA ZEMLYA ARCHIPELAGO

Cherezova A.A.¹, Fedorov G.B.¹, Ludikova A. V.², Yezhikov I.S.¹, Raschke E.V.^{1,3}

¹State Research Center "Arctic and Antarctic Research Institute" St. Petersburg State University

²Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences

³Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research

This article is devoted to research into 246 cm of Tverdoe Lake sediment core, which was obtained through the field work in 2015 on Bolshevik Island (Severnaya Zemlya). On the basis of lithofacies analysis, particle size analysis and diatom analysis seven stages of the lake ecosystem development are allocated in this sediment core, covering entirely the Holocene sedimentation period. The resulting material and further palaeobotanical and geochemical studies of core samples will allow filling gaps in the Holocene history of environment and

climate changes on Severnaya Zemlya as a key area of paleogeographic researches of the Russian High Arctic.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ГОЛОЦЕНА АРХИПЕЛАГА СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ

Черезова Анна Алексеевна¹, Федоров Григорий Борисович¹, Лудикова Анна², Ежиков
Илья Сергеевич¹, Рашке Елена Александровна Валерьевна^{1,3}

¹Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург

²Институт озероведения Российской академии наук, Санкт-Петербург

³Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера, г. Потсдам,
Германия.

За последние несколько десятилетий было проведено значительное количество комплексных палеогеографических исследований на архипелаге Северная Земля, посвященных истории развития оледенения архипелага и колебаниям уровня моря в течение среднего и позднего неоплейстоцена (Котляков и др., 1991; Большианов, Макеев, 1995; Raab et al., 2003; Fritzsche et al., 2005; Moller et al., 2007; Andreev et al., 2008 и др.). И относительно малое количество работ рассматривало голоценовые изменения климата и природной среды. При этом в некоторых исследованиях затрагивался только ранний голоцен (Raab et al., 2003; Andreev et al., 2008); а в части других работ авторы столкнулись с трудностями интерпретации и получили довольно противоречивые выводы (Котляков и др., 1991 и Fritzsche et al., 2005).

В данной работе мы представляем первые результаты исследований 246 см колонки донных отложений озера Твердое, расположенного на северо-западе о.Большевик и являющегося перспективным объектом для палеогеографических исследований. Глубина озера достигает 10 м, оно не промерзает до дна и имеет профундальную часть, где отсутствуют волновые движения и ветровое перемешивание, что обуславливает непрерывное и ненарушенное осадконакопление. Как считается, во время последнего оледенения котловина оз. Твердого не перекрывалась ледниками (Большианов, Макеев, 1995), и поэтому мы предполагаем, что полученная колонка донных отложений охватывает как минимум период осадконакопления всего голоцена.

Сравнительный анализ результатов литологического описания (рис.1), гранулометрического и диатомового анализов позволил выделить в колонке донных отложений несколько этапов развития озера.

1. Самая нижняя часть колонки (246-244 см), вероятно, накапливалась в суровых климатических условиях позднеледниковья. В это время котловина оз. Твердое не была занята ледником, и само озеро представляло собой неглубокий холодноводный водоем с многолетним покровом озерного льда на поверхности.

2. Переход от позднего неоплейстоцена к голоцену ознаменовался общим потеплением климата и резким возрастанием стока с водосбора в результате активной деградации снежников. Это привело к размыву позднеледниковых глин в котловине озера (244-238 см) и послужило причиной интенсивной эрозии морских отложений, залегающих на водосборе. Дальнейшее таяние привело к росту уровня воды в водоеме, а освобождение водосбора озера от снежников позволило начать развиваться там первой растительности.

3. Осадки, богатые органическим материалом (интервал колонки 193-124,5 см), как мы считаем, накапливались в теплых и влажных условиях климатического оптимума голоцена, которые по данным Andreev et al. (2008) на архипелаге Северная Земля устанавливались в промежуток времени 11,2-9,4 тыс. лет назад. В это время в озере создавались благоприятные условия для развития фитобентоса и донной растительности,

а уровень воды понижался по причине возросшего испарения и прекращения стока с водосбора в результате полной деградации снежников.

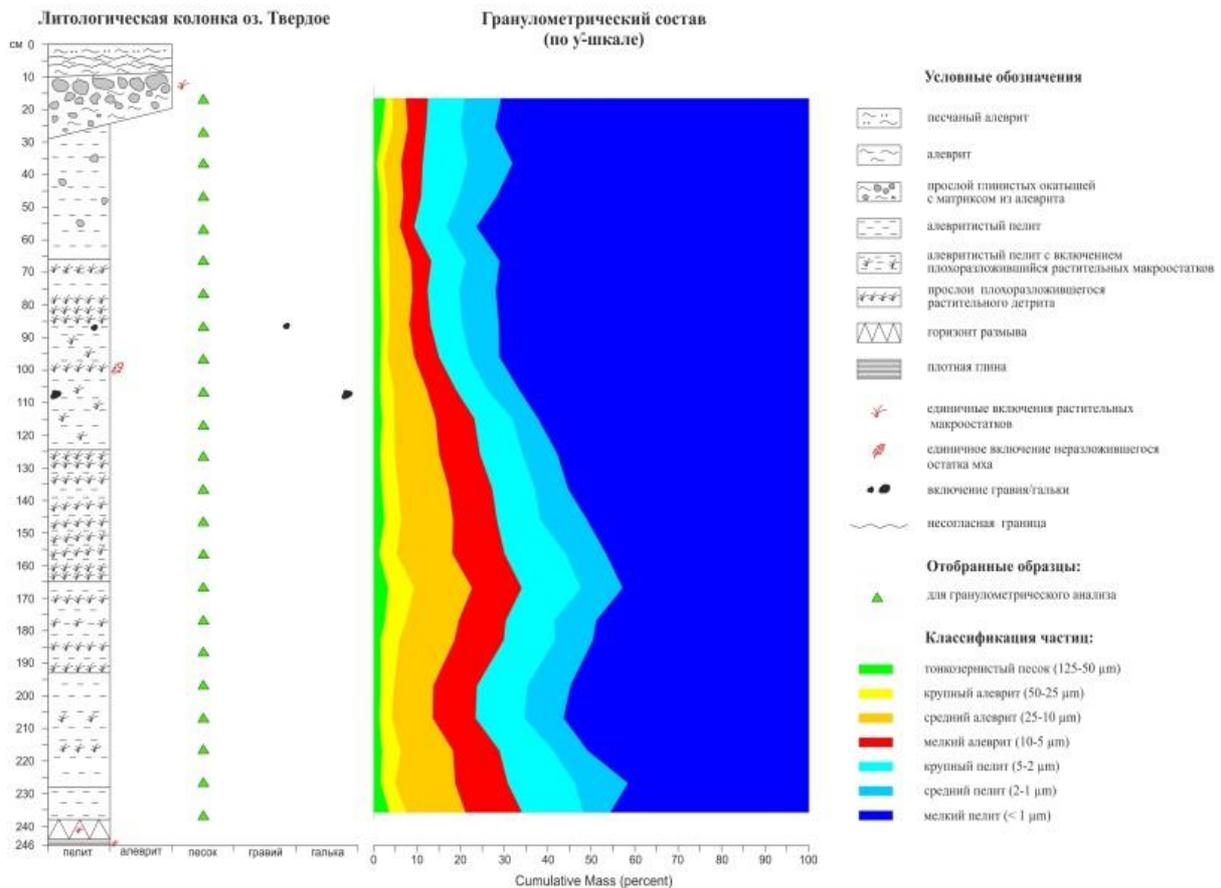


Рис. 1. Сравнительный анализ результатов литологического описания

4. После окончания термического оптимума голоцена последовало общее похолодание климата, которое с некоторыми перерывами продолжается по настоящее время. Похолодание отразилось в появлении сезонного покрова льда на озере и в постепенном ухудшении условий для развития донной растительности, вплоть до её полного исчезновения в верхних 66 см колонки. В промежутке времени, соответствующем интервалу 124,5-25 см, наблюдается четкая тенденция роста уровня воды в водоеме, вероятно, связанная с возрастанием стока с водосбора благодаря меньшему испарению и выпадению большего количества атмосферных осадков.

5. В интервале 25-8,5 см уровень воды в озере падал, что привело к размыву нижележащих неконсолидированных осадков и образованию горизонта глинистых галечно-гравийных отложений. Активная волноприбойная деятельность свидетельствует об отсутствии ледового покрова на озере в летнее время и, следовательно, о более высоких летних температурах, чем в настоящее время.

6. В наши дни озеро Твердое представляет собой холодноводный олиготрофный и относительно неглубокий водоем по сравнению с предыдущими этапами развития озера.

В дальнейшем работа с колонкой донных отложений оз. Твердого будет продолжена, что позволит уточнить и расширить уже имеющиеся данные. Данное исследование выполняется в соответствии с планом работы ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» по теме ЦНТП 1.5.3.4 «Комплексные исследования окружающей среды архипелага Северная Земля и прилегающих районов акватории Северного морского пути на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база мыс Баранова».

Список литературы

1. Большиянов Д.Ю., Макеев В.М. Архипелаг Северная Земля - оледенение, история развития природной среды: монография. – СПб: ГИМИЗ, 1995. - 216 с.
2. Котляков В.М., Николаев В.И., Коротков И.М., Клементьев О.Л. Климатостратиграфия голоцена ледниковых куполов Северной Земли // Стратиграфия и корреляция четвертичных отложений Азии и Тихоокеанского региона. М., 1991. С. 100-112.
3. Andreev A.A., Lubinski D.J., Bobrov A.A., Ingólfsson Ó., Forman S.L., Tarasov P.E., Möller P. Early Holocene environments on October Revolution Island, Severnaya Zemlya, Arctic Russia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 267, 2008: с. 21-30.
4. Fritzsche D., Schütt R., Meyer H., Miller H., Wilhelms F., Opel T., Savatyugin, L.M. A 275 year ice-core record from Akademii Nauk ice cap, Severnaya Zemlya, Russian Arctic // *Annals of Glaciology*, 2005. № 42. pp. 361–366.
5. Moller P., Lubinski D.J., Ingólfsson O., Forman S.L., Seidenkrantz M-S., Bolshiyarov D.Yu., Lokrantz H., Antonov O., Pavlov M., Ljung K., Zeeberg J., Andreev A. Severnaya Zemlya, Arctic Russia: a nucleation area for Kara Sea ice sheets during the Middle to Late Quaternary // *Quaternary Science Reviews*, 2007.
6. Raab A., Melles M., Berger G.W., Hagedorn B., Hubberten H.-W. Non-glacial paleoenvironments and the extent of Weichselian ice sheets on Severnaya Zemlya, Russian High Arctic / *Quaternary Science Reviews* 22, 2003: с. 2267–2283.

DEVELOPMENT OF THE PALEOLAKE ON SHKOTOVSKOE PLATEAU, SIKHOTE-ALIN, AT LATE HOLOCENE

N.G. Razzhigaeva¹, L.A. Ganzey¹, L.M. Mokhova¹, T.R. Makarova¹, A.M. Panichev¹,
E.P. Kudryavtseva¹, Kh.A. Arslanov², F.E. Maksimov², A.A. Starikova²

¹ Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia, e-mail: nadyar@tig.dvo.ru

² St.-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, e-mail: arslanovkh@mail.ru

The lakes are very rare within Sikhote-Alin Mountains. The lakes have different origins and are confined to flat surfaces. A special type of lakes spread on mountain basalt plateau formed by flood eruptions in the Cenozoic. Typically, the plateau surface abounds in chaotically scattered closed depressions, round or oval in outlines, occupied by small lakes or wetlands. Such objects permits reconstructing climatic changes and the mountain landscape evolution (Razzhigaeva et al., 2016). One of the paleolake is located on the Shkotovskoe Plateau, Southern Sikhote-Alin. The aim is to reconstruct the development of paleolake under short-period climatic fluctuations in the late Holocene and estimating rates of the changes.

The plateau is 1500 km² in area, its height is about 600–800 m a.s.l. The basalt formation began about 14–13 Ma BP, flood basalt eruptions stopped ~7–8 Ma BP; the last phase of the volcanic activities in isolated volcanic centers was 3.3 Ma BP (Rasskazov et al., 2003). The southwestern, northern and northeastern margins of the plateau are overgrown with Korean pine (*Pinus koraiensis*)-spruce forests with fir. Southern slopes of the plateau are covered with forests of fir and broadleaf species. The central part of the plateau is occupied by dark coniferous forests, with some admixture of birch (Atlas..., 2005). The studied object – so called Larchenkovo (Larkino) swamp – is located 7–8 km from its southern edge of the plateau at a height of 730–745 m a.s.l. The locality is distinct for various types of swamps, from eutrophic to oligotrophic. The modern vegetation presents final stages of overgrowing of the paleolake and various wetlands (Rozenberg, 1951). The swamp is partly occupied with relict larch forest bordering on fir and spruce forests with moss-fern and grass-sedge ground layer. Boreholes were drilled on central part of the swamp, formerly occupied with the paleo-lake (sediment thickness 2.85 m, coordinates 43°46.453' N, 132° 80.936' E) and in the marginal part

(sediment thickness 1.25 m, 43° 27.361' N, 132°49.379' E). The sediments were sampled for diatom and pollen analyses at 5 cm intervals. The radiocarbon dating of peat and wood samples was performed in St.-Petersburg State University, using heated alkaline extract of humic acids. The borehole drilled in the central part of the swamp disclosed a layer of poorly decomposed sphagnum-grass peat (0–0.15 m), with the degree of decomposition growing with depth (0.15–2.15 m); in the lower part a black gyttja layer occurs (2.15–2.85 m). At the swamp margin consists of poorly decomposed peat with wood fragments (0.20–0.25 m), downward it is replaced with compact, heavily decomposed peat and well decomposed mineralized peat (1.00–1.25 m). The deposits include a volcanic ash layer B-Tm with a bubble-wall glass with a high-K (K_2O 4.23–4.44%) rhyolitic composition, which is typical for ash erupted from Baitoushan volcano; a catastrophic eruption of the latter took place in AD 969 (Horn and Schmincke, 2000). In section of central part of the swamp depleted volcanic glass occurs at a depth 0.40–0.45 m. The age of the tephra is corroborated by the ^{14}C date obtained for the underlying peat: 1160 ± 50 yr BP (1080 ± 70 cal. yr BP), LU-7344.

The distribution of the radiocarbon dates over the sequence and a relative position of the B-Tm tephra suggests that in the central part of the swamp the highest deposition rates (up to 0.93 mm per year) were characteristic of the lower part of the sequence, while the accumulation of the upper and middle parts of the peat sequence proceeded at a constant rate of 0.46–0.43 mm/yr. If we extrapolate the accumulation rate (0.93 mm/yr) to the lower part of the sequence (1.5–2.85 m), it may be safely supposed that the total age of the sediments penetrated by the borehole is about 4250 cal. yr BP (3800 ^{14}C yr BP). At the swamp margin the peat was accumulated unevenly. The highest rates were typical of the beginning of late Holocene (0.47 mm/yr) and during the last 200 years (1.04 mm/yr). The lowest rate – 0.09 mm/yr – was recorded in the first half of late-Holocene, then it rose up to 0.38 mm/yr and lowered again to 0.21 mm/yr.

Larchenkovo swamp developed in a closed depression formerly (in the beginning of late Holocene) occupied by a shallow lake with low swampy coasts. In the absence of terrigenous material input, only organic mud accumulated in the depression. There are several stages recognizable in the lake evolution; flooding and shallowing episodes alternated against the general tendency towards swamping. At the period under consideration the lake was deepest and largest about 4000–3220 ^{14}C yr BP (4480–3490 cal. yr BP); that interval was also recorded as warmer and wetter one in other regions of Primorye (Korotky et al., 1997). A short term phase of waterlogging is identified ~3200–3130 ^{14}C yr BP (3490–3380 cal. yr BP), at the end of a small cooling.

At the next stage – 3130–2840 ^{14}C yr BP (3380–3010 cal. yr BP), when the lake became shallow, it was fed mostly by atmospheric precipitation, and the diatom assemblages display an increased proportion of halophobes. The mineral substance input was low, which is indicated by the appearance of the water-bug trap (*Aldrovanda vesiculosa*), an aquatic plant typical of stagnant shallow lakes with decomposing bottom deposits. Usually it prefers acidic water bodies and often form communities in the rush and reed mace growth.

The interval of 2840–2550 ^{14}C yr BP (3010–2630 cal. yr BP) was marked by a progressive decrease of the lake depth; it began at the time of cooling and continued under conditions of a slight warming and decreasing moisture supply, which is in a good agreement with paleoclimatic models developed for the south of the Far East (Korotky et al., 1997). The lake area was considerably reduced and in the course of time it was overgrown by grass, dwarf-shrubs and sphagnum and finally replaced with a bog. The existence of some small lakes gradually overgrowing is suggested by the presence of aquatic plant pollen. The environments of that type persisted unchanging in the central part of the swamp for a long period – about 2300 ^{14}C years (2300 cal. yr BP); no trace of the swamp geosystem response to low-range climatic changes has been recorded. Supposedly, the geosystem was stable enough. The small lakes could persist until the last 230 years, when the moisture supply lowered. Since that time planktonic species disappeared from the diatom assemblages. At present a landscape facies of

reed and sphagnum swamp with isolated low larch trees occupies the place of the longest-existing part of the paleolake. The existence of paleolake in place of the reed growth in the center of Larchenkovo swamp was suggested by V.A. Rozenberg (1951).

At the marginal part of the swamp the conditions were less stable. Peat accumulation at the lake margin started ~4000 ^{14}C yr BP (4480 cal. yr BP), the bog complexes existed there since 3700 ^{14}C yr BP. Several stages of flooding and drying up alternated. Between 2660 and 2100 ^{14}C yr BP (2790–2095 cal. yr BP), a moderately watered swamp passed into a drier stage and finally to that of soil formation. A phase of a slightly greater moisture supply is recognized ~2100–1200 ^{14}C yr BP (2095–1170 cal. yr BP), which coincides with a period of increasing precipitation in the paleoclimatic curve developed for the region (Korotky et al., 1997). Later on, the swamp margin became drier and was actively overgrown with shrubs and larch. The beginning of this phase was related to the Medieval Warm Period. The last 230 years were noted for a reduced moisture supply at the swamp margin; in its central part similar changes were recorded during the last 120 years.

On the Shkotovskoe Plateau, the evolution of landscapes proceeded by way of changes in the biotic components, which in turn were controlled by alternate short-term climatic fluctuations in the late Holocene. There are distinguished two stages in the landscape development separated by their radical change about 2500 ^{14}C yr BP (2570 cal. yr BP). The first stage was distinct for a wider than at present occurrence of coniferous-broadleaf forests, while dark coniferous forests were of secondary importance, being localized in the center of the plateau. The second stage was marked by a rapid expansion of the dark coniferous forests and a growing significance of spruce. At the late Holocene about 2500–2200 ^{14}C yr BP (2570–2200 cal. BP) one of most conspicuous cooling occurred in the Northern hemisphere, which was clearly pronounced in our region (Korotky et al., 1997).

During the first half of late Holocene the landscape dynamics manifested itself in changing role of dominant and subdominant species in the vegetation. Those species are Korean pine and various broadleaf trees in the coniferous-broadleaf formation, and fir and spruce in the dark coniferous forest formation. The warmer phases were noted for broadleaf trees gaining in importance, while at the coolings the proportion of the Korean pine and dark coniferous species increased, with spruce becoming particularly significant.

The larch forest fringing the paleolake persisted through the entire period under consideration. It is likely to be a relict of the forests that existed at the last glacial epoch; then they occupied considerable areas in Primorye and were still in existence at the Holocene beginning (up to 9700–9300 ^{14}C yr BP) (Korotky et al., 1997). The preservation of the refugium on the plateau since the cold epochs was made possible by specific environmental conditions at the periphery of the paleolake depression (long duration of seasonal frost of soil, specific microclimate, excessive moistening).

The obtained data permit estimating rates of change in the biotic constituents of the landscapes on the Shkotovskoe Plateau resulting from short-term climatic fluctuations (both coolings and warmings) in the Late Holocene. In the first half of late Holocene dominant and subdominant species alterations proceeded at greater rate when cooler climate was changing for warmer one (about 50 years) and more slowly (80–100 years) when passing from warm to cooler conditions. The dark coniferous forest expansion ~2550 ^{14}C yr BP (2630 yr BP) was speedy and took 45–55 years by estimates. The forest response to the Little Optimum warming was also fast, while the transition to the Little Ice Age proceeded more gradually. The modern landscape development from the Little Ice Age to the present days took about 230 years.

The work has been performed with financial support from RFBR (grant 15-05-00171).

References

1. Atlas of forests in Primorskii Krai. Vladivostok: Far East Branch, Russian Academy of Sciences, 2005. 76 pp.

2. Horn S., Schmincke H.U. Volatile emission during the eruption of Baitoushan Volcano (China/North Korea) ca. 969 AD // *Bulletin Volcanology*. 2000. V. 61. P. 537-555.
3. Korotky A.M., Grebennikova T.A., Pushkar V.S., Razzhigaeva N.G., Volkov V.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Makarova T.R. Climatic changes of the territory of South Far East at Late Pleistocene-Holocene // *Vestnik Far East Branch, Russian Academy of Science*. 1997. № 3. P. 121-143.
4. Rasskazov S.V., Saranina E.V., Martynov Yu.A., Chashchin A.A., Maksimov S.O., Brandy I.S., Brandy S.B., Maslovskaya M.N., Kovalenko S.V. Evolution of Late Cenozoic magmatism at the active continental margin of Southern Primorye // *Pacific Geology*. 2002. V. 22. № 1. P. 92-109.
5. Razzhigaeva N.G., Ganzei L.A., Mokhova L.M., Makarova T.R., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikoiva A.A. The Development of Landscapes of the Shkotovo Plateau of Sikhote-Alin in the Late Holocene // *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2016. № 3. P. 65-80.
6. Rozenberg V.A. Komarov's Larch (*Larix Komarovii* B. Kolesn.) in Southern Sikhote-Alin // *Komarov's Reading*. 1951. V. 3. P. 43-65.

Section 5.

Paleolimnological data base creation according with the modern conditions of the lake ecosystems in North Eurasia

Направление 5.

Разработка палеолимнологической базы данных на основе современного состояния экосистем озер севера Евразии

Oral section

Устные доклады

TESTATE AMOEBAE POLYGONAL TUNDRA PONDS

Anatoly Bobrov

Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The field work took place at the Berelekh River, close to the Kytalyk field station (70°83'12.1''N, 147°48'29.9''E, elevation 11 m a.s.l.), 28 km northwest of Chokurdakh.

Twelve waters were classified as intrapolygon ponds, while six were interpolygon ponds. Three water bodies were grouped as thaw lakes and four water bodies were associated with rivulets.

The testate amoebae record in surface deposits of all studied 27 shows a comparably high diversity, and comprises 79 taxa which belong to 16 genera: *Arcella* (13 taxa), *Bullinularia* (1 taxon), *Centropyxis* (18), *Heleopera* (4), *Schoenbornia* (1), *Diffflugia* (19), *Lagenodiffflugia* (1), *Lesquereusia* (4), *Assulina* (2), *Euglypha* (4), *Sphenoderia* (1), *Paraquadrulla* (2), *Corythion* (2), *Trinema* (1), *Cryptodiffflugia* (3), *Pseudodiffflugia* (1) and *Testacea* sp. (2). If compared to previous studies of arctic testate amoebae inhabiting freshwater habitats the present record shows a comparably high diversity although polygon waters were not studied in detail so far. Records from West Siberia (Nar-Yan-Mar, Dikson, Severnaya Zemlya and Franz Joseph Land) totaled in 36 taxa (Beyens et al. 2000). The sampled landscape units show differences in taxa numbers as follows; Yedoma – 23, floodplain – 38, lower Alas – 33, and upper Alas – 53 taxa. In terms of habitat preferences, hygro-hydrophilic taxa of the genera *Arcella*, *Centropyxis*, *Diffflugia*, *Lagenodiffflugia*, *Lesquereusia*, *Euglypha* are the most present ecological group of testate amoebae in the data set. Findings of sphagnobiontic species of the *Heleopera* and

Sphenoderia, and of xerophilic species of the genera *Bullinularia*, *Assulina* and *Corythion* are unexpected.

The biogeographical attribution of the identified taxa is mainly cosmopolitan. Only two species are true arctic endemics, *Centropyxis gasparella* and *Centropyxis pontigulasiaformis* (Beyens & Bobrov 2012). Soil-inhabiting testate amoebae show in general much higher numbers of arctic endemics and species with a distinct geographical distribution (Bobrov et al., 2013). It is assumed that the low number of arctic species in freshwater habitats is caused by higher homogeneity in environmental conditions if compared to subaerial soils. For example, less variation in the temperature amplitudes and generally warmer conditions are assumed. Species diversity and distributions are likely controlled by chemical parameters (Ca, Fe, Mn and C/N) which have highest variability in the abiotic data. However, trophic relations within the studied habitats and feeding strategies of heterotrophic (hunting) testate amoebae are unexplored so far.

LIMNOECOLOGICAL AND SEDIMENTARY VARIABILITY IN LAKE BOLSHOE TOKO, SOUTHERN YAKUTIA (RUSSIA)

Boris K. Biskaborn¹, Liudmila A. Pestryakova², Bernhard Diekmann^{1,3}, Almut Dressler^{1,3}, Thomas Löffler^{1,3}, Laura Weniger^{1,4}, Larisa Nazarova^{1,3}, Liudmila Syrykh^{4,5}, Dmitry Subetto^{4,5}

¹ Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Potsdam, Germany

² Yakutsk Federal University, Yakutsk, Russia

³ University of Potsdam, Potsdam, Germany

⁴ Freie Universität Berlin, Berlin, Germany

⁵ Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

⁶ Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia

Recent climate warming and permafrost degradation Northern Eurasia is threatening both, residential areas and natural northern ecosystems. Especially lake systems act as sensitive sentinels of environmental change. Lake Bolshoe Toko (56°15'N, 130°30'E, 903 m.a.s.l., length: 14 km, width: 7 km, maximum water depth: >70 m) is located at the marginal permafrost zone in southeastern Yakutia, Siberia, at the foot of the northern slope of the eastern Stanovoi mountain range. While the main catchment area is situated in the mountains south of the lake, composed of Precambrian igneous rocks, the north-eastern margins of the lake is bordered by moraines of three different glacial sub-periods. These geological boundary conditions give way to different depositional environments within the lake and hence cause spatial variability in sediment-geochemical parameters and habitat conditions for diatom assemblages and chironomid species.

We currently analyse the sediment-geochemical properties (organic carbon, nitrogen, mineralogy and grain-size) from a set of 37 surface samples and compare them to the taxonomical diatom species distribution and the oxygen isotope signal measured from the diatom opal ($\delta^{18}\text{O}_{\text{diat}}$). Our initial results show significant within-lake variability of the species distribution, influenced by limnological parameters (water depth, habitat conditions, distance-to-shore) and differential catchment properties (i.e. nutrient supply). Short cores from selected locations were scanned for elemental composition, subsampled and $^{210}\text{Pb}/^{137}\text{Cs}$ dated. Diatoms, chironomids and sediment-geochemistry is analysed in a top-bottom approach to reveal the influence of the limnological and catchment properties as drivers of the biological and chemical lake development before and during recent climate change.

Two radiocarbon dated long cores have been investigated from the north-central basin of Bolshoe Toko and from the adjacent “Banya” lake its northeastern margin. Preliminary results

give insights to the sedimentological basin development since the glacial period and the separation of Banya lake from Bolshoe Toko, when lake level dropped in the mid-Holocene, 4000 years BP.

SPATIO - TEMPORAL VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE MODERN SEDIMENTS IN LAKE ONEGO

Belkina N.A., Kulik N.V.

Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre RUS

The report presents an analysis of monitoring data of the chemical composition of the surface sediments (0-5cm) of Lake Onego in the period from 1970 to 2015. The variations of the chemical composition of sediments during this period have been compared with the distribution of elements in short cores sediments (0-30 cm) from different areas of lake. It is shown that maximal variability of the chemical composition of sediments has the quantitative and qualitative composition of organic matter and nutrients, which associated with development of production processes in ecosystem. Variability of chemical composition of the inorganic part of sediments depends on changes in terrigenous component runoff. The study has been financially supported by the Russian Science Foundation (#14-17-00766).

ПРОСТРАНСТВЕННО - ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Белкина Н.А., Кулик Н.В.

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Онежское озеро – второй по величине водоем Европы ($S=9720 \text{ км}^2$, $V=295 \text{ км}^3$) является олиготрофным холодноводным водоемом с низкой минерализацией вод (37 мг/л), история развития которого в ходе деградации валдайского оледенения от начала дегляциации до настоящего времени насчитывает около 12400 лет (Демидов, 2006). В соответствии с климатом изменялся и характер седиментационных процессов в водоеме: ленточные глины беллинга, среднего дриаса и аллереда сменились на гомогенные алевриты молодого дриаса и илы голоцена, которые в результате колебания уровня озера прерывались прослоями глин, алевритов и песчаных отложений. Изучение поверхностного слоя донных отложений, формирующегося в настоящее время в условиях антропогенного воздействия, необходимо как для понимания особенностей современных климатических изменений, так и прогнозирования климатических процессов в будущем.

Современные донные отложения Онежского озера отличаются разнообразием и пестротой распределения: в центральных районах на глубинах более 35 м накапливаются минеральные биохемотропные илы, в малых продуктивных заливах – илы, обогащенные органическим веществом, литоральная зона преимущественно песчаная, в северной части залегают валунно-галечные отложения. Донные отложения, загрязненные взвешенным материалом антропогенного происхождения формируются в заливах, на берегах которых расположены крупные промышленные центры.

Целью представленной работы являлось выявление закономерностей изменения химического состава современных донных отложений Онежского озера на основе изучения вертикального распределения характеристик в поверхностном 20 см слое и сопоставления с данными наблюдений за химическим составом поверхностных проб, полученными за период с 1970 по 2015 гг.. Анализ антропогенной нагрузки на Онежское озеро в этот период показал, что наиболее высокий уровень воздействия оказывают

хозяйственно-бытовые сточные воды городов Петрозаводск и Кондопога, вторым по значимости фактором является – горнодобывающая отрасль, нагрузки от предприятий лесной отрасли и сельского хозяйства оцениваются как минимальные, а ее максимум приходился на конец 80-х годов прошлого века. (Крупнейшие...2015).

Иловые донные отложения периодически отбирались в аккумуляционной зоне различных районов озера поршневой трубкой. Химический состав и физико-химические свойства осадков оценивались по 15 показателям. В донных отложениях «*in situ*» потенциометрическим методом определяли рН (стеклянный электрод) и Eh (Pt-электрод с добавкой медиатора Трилон-Б). В лаборатории во влажных донных отложениях определяли естественную влажность, пористость, удельную массу (гравиметрические методы T=20°C, 105°C), растительные пигменты (спектрофотометрический метод ($\lambda=663, 645, 630, 750 \text{ nm}$) после экстракции в ацетоне), Fe и Mn (фотометрические методы с формальдоксимом ($\lambda=450 \text{ nm}$) и о-фенантролином ($\lambda=510 \text{ nm}$) после кипячения осадка с 1 N H₂SO₄ в течение 1 часа). В сухих осадках (после сушки при комнатной температуре) определяли C_{орг} (окисление грунта с K₂Cr₂O₇ в растворе H₂SO₄) потерю при прокаливании (гравиметрический метод, T=550 °C), азот (N_{tot}) и фосфор (P_{tot}) (титриметрический и фотометрический методы после окисления донных отложений в H₂SO₄ по Кьельдалю). Анализ металлов (17 показателей) проводился атомно-абсорбционным методом и методом ICP MS.

Изученные донные отложения являются минеральными осадками: большую часть отложений составляют кремний, железо и алюминий. Соотношение SiO₂/(Fe₂O₃+Al₂O₃) равно 3. Щелочноземельные элементы преобладают над щелочными, что, по-видимому, можно объяснить наличием основных пород на водосборе. Вертикальные распределения характеристик гранулометрического и химического состава (как макрокомпонентов, так и микрокомпонентов) в поверхностном слое донных отложений (особенно заливов, подверженных влиянию вод крупных рек) указывают на изменчивость процесса осадконакопления в течение последних пятидесяти лет (Белкина, 2005). Так, например, в донных отложениях Петрозаводской губы на глубине 8-9 см находится максимум содержания кремния и минимумы содержания всех других элементов и органического вещества, которые по результатам датирования колонки по ²¹⁰Pb и ¹³⁷Cs относятся к периоду с 1963 по 1978 г.. Причиной интенсивного выноса терригенных взвесей с водосбора, скорее всего, являются мелиорация и расширение площади сельхозугодий в семидесятые годы. Определенный вклад, возможно, внесла застройка прибрежной территории г. Петрозаводска. В результате различных землеустроительных мероприятий вынос в Петрозаводскую губу таких элементов как Fe, Mn, V, As, Cd значительно увеличился. Наибольшие изменения произошли в накоплении Mn. Необходимо также отметить, что содержание большинства исследованных металлов (Na, K, Mg, Al, Ca, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Sb, Pb) в поверхностном (0-1 см) слое донных отложений выше, чем среднее по колонке, что также может быть индикатором изменения внешних условий, в том числе и климатических, произошедших за последние 10 лет.

Было выявлено, что органическое вещество и биогенные элементы обладают наибольшей изменчивостью в химическом составе осадков. Концентрационные профили таких показателей как C_{орг}, П.П.П., N_{орг}, P отражают процесс его накопления и трансформации по мере захоронения в донных отложениях (Белкина, 2006, 2014, 2015). Концентрация веществ в поверхностном наилке близка к составу поступающей на дно взвеси. Если условия седиментации не меняются, то по мере деструкции его содержание монотонно уменьшается с глубиной. Концентрационные профили показателей органического вещества для Онежского озера не являются монотонно убывающими (отмечается наличие локальных максимумов). Неравномерный характер его поступления в донные отложения также отражается на концентрационном профиле редокс-чувствительных элементов (Fe, Mn), вызывая их перераспределение вплоть до образования рудных прослоек на геохимическом барьере, которые при отсутствии

восстановителя могут сохраняться в толще донных отложений длительное время. Если концентрационный профиль железа (чередование минимумов и максимумов) может быть объяснен колебаниями продукционных процессов в заливе, то возросшее на порядок содержание марганца в поверхностном слое по сравнению со средним значением по колонке, только диагенетическими преобразованиями в осадке объяснить нельзя. Можно предположить, что накопление Mn связано с интенсивным выносом этого элемента с водосборной территории. Необходимо также отметить, что высокие концентрации марганца и железа в донных отложениях соответствуют высоким концентрациям растворенных форм этих элементов в поровых водах.

Обращает на себя не только неравномерный характер распределения показателей органического вещества по вертикали осадка, но и некая устойчивая периодичность в изменении концентраций этих элементов в поверхностном слое: максимумы N и P следуют через 5 лет после максимумов $C_{орг}$ и как правило соответствуют локальным минимумам его содержания в осадке. Вполне вероятно, что такая динамика связана и с особенностями развития биологических процессов в водной толще, происходящих вследствие неравномерных изменений внешней биогенной нагрузки с одной стороны, и с особенностями трансформации органического вещества в донных отложениях – с другой.

Кроме элементного состава (C, N, P), «прямым» индикатором развития процессов эвтрофирования водоема в донных отложениях является содержание растительных пигментов и феофетина. Так, в работе автора (Белкина, 2011), было показано, что содержание ChlA и феофитина хорошо «картируют» ареалы продуктивных зон в больших водоемах. Вертикальное распределение этих показателей также дает информацию об истории развития процессов в недавнем прошлом. Например, для распределения дериватов хлорофилла Петрозаводской губы характерны высокие их концентрации в верхнем (8 см) слое донных отложений (в три раза выше, чем в нижнем), что свидетельствует о резкой смене трофического статуса залива в восьмидесятые годы. Колебания в содержании пигментов в верхней части колонки могут указывать на неравномерный характер развития процессов эвтрофирования в заливе, тем более, что в донных отложениях других станций залива (в том числе и прибрежных) наблюдаем идентичный приведенному выше характер пигментного профиля.

В заключение необходимо отметить, что донные отложения являются хорошим индикатором развития продукционных процессов в озере и динамика показателей химического состава осадка отражает изменения процессов седиментогенеза органического вещества, биогенных элементов, железа и марганца в Онежском озере. Изменчивость содержания химических элементов неорганической части осадка зависит от изменения терригенной составляющей водного стока.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00766).

Список литературы

1. Белкина Н.А. Изменение окислительно-восстановительного состояния озерных донных отложений под влиянием антропогенных факторов (на примере Ладожского и Онежского озер) // Общество. Среда. Развитие. 2014, № 3. С.152-158.
2. Белкина Н.А. Роль донных отложений в процессах трансформации органического вещества и биогенных элементов в озерных экосистемах // Водные проблемы Севера и пути их решения / Труды Карельского научного центра РАН №4 2011. С. 35-41.
3. Белкина Н.А. Фосфор в донных отложениях Онежского озера // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. СПб., 2015. N 173. С. 97-109.

4. Белкина Н.А., Сандман О., Игнатъева Н.В. Распределение форм фосфора в донных отложениях как показатель эвтрофирования экосистемы большого водоема (на примере Ладожского и Онежского озер) // Экологическая химия 2006, 15 (3). С. 174 – 185.
5. Белкина, 2005 Ретроспективная оценка донных отложений Кондопожской губы Онежского озера // Водные ресурсы, т. 32, №6, 2005. С. 689-699.
6. Демидов И.Н. О максимальной стадии развития Онежского озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье / И. Н. Демидов // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.9. – Петрозаводск: КарНЦ РАН. – 2006. – С. 171-182.
7. Крупнейшие озера-водохранилища Северо-Запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях / Отв. Ред. Н. Н. Филатов. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. - 2015. – С. 375.

PERIGLACIAL LAKE SYSTEMS ON EARTH'S THIRD POLE

Bernhard Diekmann

Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research

Periglacial lake systems and their catchments were studied on the Tibetan Plateau - known as "Earth's Third Pole" - for the relationship between lacustrine depositional environments and the influence of monsoon and central Asian climate since the late glacial to Holocene stage. Geomorphological investigations of near-shore zones and ancient terraces give insight into lake-level changes and permafrost dynamics at 4000-4500 m a.s.l. Sediment cores were used to infer temporal changes in riverine discharge. The approach was directed towards the interpretation of allogenic materials in lake sediments related to changes in runoff, and the mineralogy and geochemistry of endogenic carbonate phases, which reflect the supply of dissolved elements to the lake. Deeper lakes on the northeastern Tibetan Plateau were mainly controlled by the monsoon system during the Holocene, although non-climatic forcing by tectonic events crucially influenced the hydrological system by changes from closed to open systems. Orographic barriers strongly influenced the extent of moisture supply from southern sources. The early Holocene generally was characterized by extended shallow lakes across the plateau that dried out during the mid- to late Holocene. Modern warming - as in Siberia - is revealed by the formation of thermokarst lakes at permafrost-affected locations.

RESPONSE OF SIBERIAN TREELINE FORESTS LAGS BEHIND CLIMATE WARMING REVEALED BY INDIVIDUAL-BASED MODELLING

Stefan Kruse ^a, Mareike Wiczorek ^a, Florian Jeltsch ^b, Luidmila A. Pestryakova ^c and Ulrike Herzschuh ^a

^a Department of Geosciences
Alfred-Wegener-Institute
Potsdam, Germany
stefan.kruse@awi.de

^b Department of Plant Ecology and Nature Conservation
Institute of Biochemistry and Biology,
University of Potsdam
Potsdam, Germany

^c Department for Geography and Biology
North-Eastern Federal University of Yakutsk

Throughout the last decades, climate change led to a dramatic increase of air temperatures in the Arctic. As a consequence, vast tundra areas might be transformed to taiga by re-colonization of trees, which are released from temperature limitation. The geographical position of the Siberian treeline, which is dominated by larch species, is predicted to shift farther north. However, major uncertainties prevail in predicting the speed and magnitude of treeline advance due to complex interactions of intraspecific processes determining tree stand dynamics. For this reason, we developed an individual-based and spatially explicit model (LAVESI) and calibrated it with forest stand data collected on two joint Russian-German field surveys along transects spanning the treeline at the Taymyr Peninsula, Russia. To achieve a most realistic model, each life history stage of the larch individuals is handled explicitly, and the model's processes were adapted to observed patterns of surveyed tree stands for the dominant larch tree species, *Larix gmelinii*. We found by performing a local sensitivity analysis that simulated results depend only at a low level on the input parameters, hence it supports the credibility of simulated results. The model was used for two simulation experiments: first, we present regional-scale simulations testing the model's performance at the Taymyr Peninsula ranging from 64-80° N and 92-120° E. In a second experiment, we tested the influence of warmer and cooler climates on simulated populations. Our results indicate that already the recent temperature rise of c. 4 °C will allow forests to expand farther north by roughly one degree until the end of the 21st century, when no seed limitation hinders populations to migrate. Furthermore, a climate warming will be accompanied by the densification of populations, but with a time-lag of decades. We conclude that dense tree stands will form rapidly after an initial migration north, which is accompanied by a positive feedback to global temperatures.

Population genetics and individual-based modelling - Siberian treeline dynamics in a warming climate.

POPULATION GENETICS AND INDIVIDUAL-BASED MODELLING - SIBERIAN TREELINE DYNAMICS IN A WARMING CLIMATE

Stefan Kruse ^a, Mareike Wiczorek ^a, Florian Jeltsch ^b, Luidmila A. Pestryakova ^c and Ulrike Herzschuh ^a

^a Department of Geosciences
Alfred-Wegener-Institute
Potsdam, Germany
stefan.kruse@awi.de

^b Department of Plant Ecology and Nature Conservation
Institute of Biochemistry and Biology,
University of Potsdam
Potsdam, Germany

^c Department for Geography and Biology
North-Eastern Federal University of Yakutsk
Yakutsk, Russia

It is unclear how fast arctic treeline will advance north in the next decades. One of the most determinant factors of tree migration is the ability to disperse seeds (and pollen). Hence, to realistically forecast the migration of tree species in a dynamic vegetation model, it is crucial to incorporate reliable estimates of dispersal. Classical methods, for example counting seeds in seed traps, have been used to describe local dispersal abilities but are not applicable to give precise estimates on rare long-distance dispersal events. In this study we try to overcome this with the help of modern molecular techniques to assess an estimator for gene flow. First, we infer the cryptic signal of heritage among larch (*Larix*) individuals with the help of nuclear

microsatellites to study the migration history among established tree stands and for different time-cohorts. We analyse the genetic structure of larch populations for several latitudinal transects spanning north-to-south from tundra to open taiga forests in Siberia and additionally of several age cohorts which established throughout the last century in prevailing cold and warm periods. Second, with the information about past and actual connectivity of tree stands in a changing climate, we aim to calibrate the dispersal processes of our individual-based and spatially explicit vegetation simulator model for larches in Siberia (LAVESI). Using downscaled global climate models and 'representative carbon pathway' (RCP) scenarios it seems to be feasible to project the future treeline in Siberia. We show results of simulations with an enhanced version of the model originally developed by us to study local population dynamics of larch forest stands in changing climates. Finally, we present challenges for inferring a good estimator for dispersal and connectivity among sub-populations in a continuous population and about the incorporation of these estimators in the model.

GEOCHEMICAL INDICES OF ENVIRONMENT IN MODERN LACUSTRINE SEDIMENTARY RECORDS

Kalugin I.A., Darin A.V., Tretyakov G.A.
Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS (Novosibirsk)

Geochemical indicators are containers for paleoclimatic information, that are translated correctly in the time series of natural hydro-meteorological parameters. Indices of physical and chemical environments are traditionally based on the chemical equilibria of minerals with pore/basin water, on the sorption properties of matter and isotope fractionation.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ ОЦЕНКИ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ СОВРЕМЕННОГО ОЗЕРНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Калугин И.А., Дарьин А.В., Третьяков Г.А.
Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН (Новосибирск)

Новый количественный подход к созданию климатических палеореконструкций основан на развитии высокопроизводительных аналитических методов. При этом традиционные в палеоклиматических исследованиях объекты – керны озерных донных осадков – становятся источниками новой информации более высокого качества. Для получения исходных геохимических данных разработан комплекс методик аналитической микростратиграфии на основе рентгено-флуоресцентного анализа на синхротронном излучении (РФА СИ). По результатам анализа формируются базы данных о распределении большого набора микроэлементов по глубине керна с шагом, соответствующим временному разрешению в один год. Такие данные обеспечивают использование современных математических методов обработки. Мы рассматриваем геохимические индикаторы в качестве носителей палеоклиматической информации, которые корректно пересчитываются во временные ряды природных гидрометеорологических параметров. Для калибровки трансферных функций перевода геохимических индексов в искомые параметры необходимо иметь инструментальные записи в десятки - сотни лет.

В общем случае донные осадки сложены алюмосиликатной кластикой, химически осажденными карбонатными минералами - новообразованиями и органическим веществом аллохтонного и автохтонного происхождения. Соотношение этих трех компонентов определяется внешними физическими и химическими факторами, что позволяет решать разнообразные обратные задачи восстановления внешних условий по

составу осадков, с поправками на вторичные постседиментационные преобразования. Индикаторы могут характеризовать как сезонные, так и многолетние флуктуации, в зависимости от режима поставки вещества в бассейн и полноты достижения химических равновесий в системе вода-осадок. В силу разнообразия исходного состава питающих пород и биопродукции абсолютные содержания элементов сильно колеблются от объекта к объекту. Это не позволяет при поиске аналогий опираться на усредненные глобальные оценки. Тем не менее, при реконструкциях вполне достаточно использовать относительные колебания при условии необходимой точности определения.

Элементы обломочной минеральной части (Si, Al, K, Rb, Ca, Sr, Ti, Y, Zr) отражают количество атмосферных выпадений, твердый сток и долю слабо выветрелой терригенной фракции. Характерные для органического вещества элементы (C, N, Br, I, U) связаны со среднегодовыми изменениями температуры через биопродуктивность на водосборе и в водном бассейне. Аутигенные карбонаты (Ca, Sr, Mg) дают сезонный и многолетний отклик на температуру и соленость. Рентгеновская плотность (XRD, Co/Inco) показывает динамику притока воды и потока наносов. Отдельные наиболее выраженные сигналы пригодны для идентификации географических источников вещества или физико-химических барьеров (Fe, Mn, Mo) - окисление-восстановление, температура, соленость и др. Абсолютные оценки геохимических индикаторов варьируются от объекта к объекту, поэтому калибровка их проводится по синхронным погодно-климатическим данным или по физико-химическим моделям. С помощью переводных функций типа климат = F (геохимии) формируются временные ряды основных климатических параметров на всю длину опробования конкретного разреза.

Решение задач идет по трем направлениям – 1) *определение пространственного источника вещества* производится на основании сходства типоморфных минералов и элементов в осадках и в породах субстрата, выходящих на площади водосбора. Результат достигается опробованием донного материала из притоков. 2) *физические параметры осадконакопления* – оценка скоростей накопления вещества. Элементный состав (содержание, отношения и сумма нескольких компонентов) и записи рентгеновской плотности обнаруживают на аналитических РФА СИ профилях ритмичные колебания, обусловленные сезонными факторами - ледоставом и весенне-летними паводками. Эти данные используются как для подсчета годовых ритмов, так и для корректировки массовых скоростей накопления. Химический, минералогический состав, плотность, гранулометрия и мощность сезонных слоев, как правило, однотипные в кластических слоистых отложениях одного объекта, за исключением катастрофических событий. Здесь наиболее отчетливо выявлены годовые колебания содержания алюмосиликатной компоненты Sr, Rb, K, Ca, XRD и др. и их отношений. В частности, отношение Rb/Sr пропорционально гранулометрическим показателям и, соответственно, скорости накопления обломочных масс (колебаний твердого стока). В других случаях, оно может использоваться для оценки степени выветривания и источников терригенного вещества. Обогащенные Mn прослойки, корки и микроконкреции маркируют замедление и перерывы осадконакопления в окислительных условиях у границы вода-осадок. Величины Ca/Ti и Si/Ti также могут обеспечить данные об эрозии и сносе терригенного вещества реками и ветром по отношению к биологической продуктивности озер.

3) *качественная оценка внешних факторов/обстановок осадконакопления по фоновым и аномальным содержаниям элементов в осадке*. Индексы физико-химических обстановок традиционно базируются на химических равновесиях минералов с поровыми/бассейновыми водами, на сорбционных свойствах веществ и на фракционировании изотопов. В последнее время большое внимание уделяется также биологическим факторам в минералообразовании и осаждении частиц. Хорошо известные петро- и геохимические модули дают некоторые усредненные оценки на полуколичественном уровне, поскольку они выводятся из некоторых обобщенных

механизмов выветривания, транспорта, механического и химического осаждения и вторичных изменений вещества. К ним относятся, например, гидролизатный модуль ($\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$), алюмокремниевый модуль ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$), отношения Zr/TiO_2 и La/V , титановый модуль ($\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), отношение Ba/Sr для разделения морских и пресноводных осадков, индекс химического выветривания (CIA), калиевый модуль ($\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$), щелочной модуль ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$), натровый модуль ($\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$). Окислительно-восстановительные условия реконструируются с помощью отношений Ni/Co и V/Cr . Элементы с переменной валентностью реагируют на изменения окислительно-восстановительных условий, как сезонных (Fe), так и многолетних (Mo). Содержание Ca и отношения Ca/Ti и Si/Ti используются для определения изменения температуры воды в озерах, интенсивности испарения и уровня воды. Ca/Sr отражает годовые (и многолетние) колебания солености и температуры, используется для оценки степени усыхания, и колебаний уровня водоемов. Железо при наличии серы связывается в сульфиды, а в водах насыщенных углекислотой формирует сидерит в отсутствие растворенного кальция. Слои Mn-обогащения, корки и конкреции, приуроченные к верхним слоям осадков в окислительных системах, маркируют паузы осадконакопления. Этот перечень далеко не исчерпывает реально применяемых показателей. Набор индикаторов как правило отличается для разных объектов, несмотря на сходный состав осадков и близкие внешние условия их формирования. Интерпретации внешних условий, полученные по осадкам смежных озер, могут быть аналогичными в отношении одних природных параметров, но заметно отличаться для других.

Для каждого объекта обычно выбираются собственные, минералогически обоснованные показатели. Однако, роль внешних факторов при интерпретациях соответствует качественному уровню, поскольку редкие измерения не могут быть представлены в виде временных рядов, сопоставимых с временным разрешением эталонных инструментальных рядов. Наибольшее внимания заслуживают такие природные записи, которые в каждом конкретном случае значимо коррелируются с основными гидрометеорологическими параметрами и используются при калибровках на базе инструментального мониторинга, например, по метеоданным. Искомые внешние параметры такие как температура, соленость, уровень озер, окислительно-восстановительные потенциалы могут также быть смоделированы в абсолютных величинах по физико-химическим, балансовым, изотопным и другим расчетам реальных систем атмосфера-вода-порода.

ORGANIC MATTER CONTENT DYNAMICS IN LAKE SEDIMENT CORES OF EUROPEAN RUSSIA AND HOLOCENE CLIMATIC CHANGES

D.D. Kuznetsov

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg, Russia

The LOI analysis was conducted for more than 30 lake sediment cores from different areas of European Russia. The common features of the Holocene dynamics of the organic matter content are discussed.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В КОЛОНКАХ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ГОЛОЦЕНОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Д.Д. Кузнецов

Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

dd_kuznetsov@mail.ru

Анализ потерь при прокаливании (ППП) является быстрым и недорогим методом для оценки соотношения органического и минерального вещества в донных отложениях. Основными причинами изменения данного соотношения в озерных отложениях являются увеличение/уменьшение вклада минерогенного аллохтонного материала и увеличение/уменьшение доли органогенного автохтонного компонента. Для небольших по площади водоемов поведение полученной кривой изменения ППП позволяет выделять периоды эрозии и увеличенного поступления минерогенного аллохтонного вещества с водосбора. Такого рода процессы в голоцене часто вызваны началом антропогенного воздействия на территорию – сведением лесом, распашкой водосбора и т.п. Эрозионные процессы могут быть вызваны и разнообразными природными факторами, как например, пожары на залесенном водосборе, экстремальное увеличение количества осадков на плохо закрепленной растительностью поверхности водосбора. При усреднении полученных значений ППП выявляются тренды, наиболее вероятной причиной которых являются изменения биологической продуктивности озерных экосистем, имеющей тесную связь с климатическими характеристиками, в первую очередь температурой. Важное значение при интерпретации имеют наличие и степень проточности, морфометрические характеристики котловины, в первую очередь уклоны дна, и рельеф, растительность и подстилающие породы водосборного бассейна. В слабопроточных озерах с малыми уклонами дна и водосборного бассейна возможность эрозионных процессов на водосборе влиять на соотношение минерогенной и органогенной составляющей в отложениях центральной части водоема минимальна. Соответственно данные по таким колонкам представляют особый интерес с точки зрения реконструкции изменений биологической продуктивности озера и опосредованно - качественной реконструкции температурных условий.

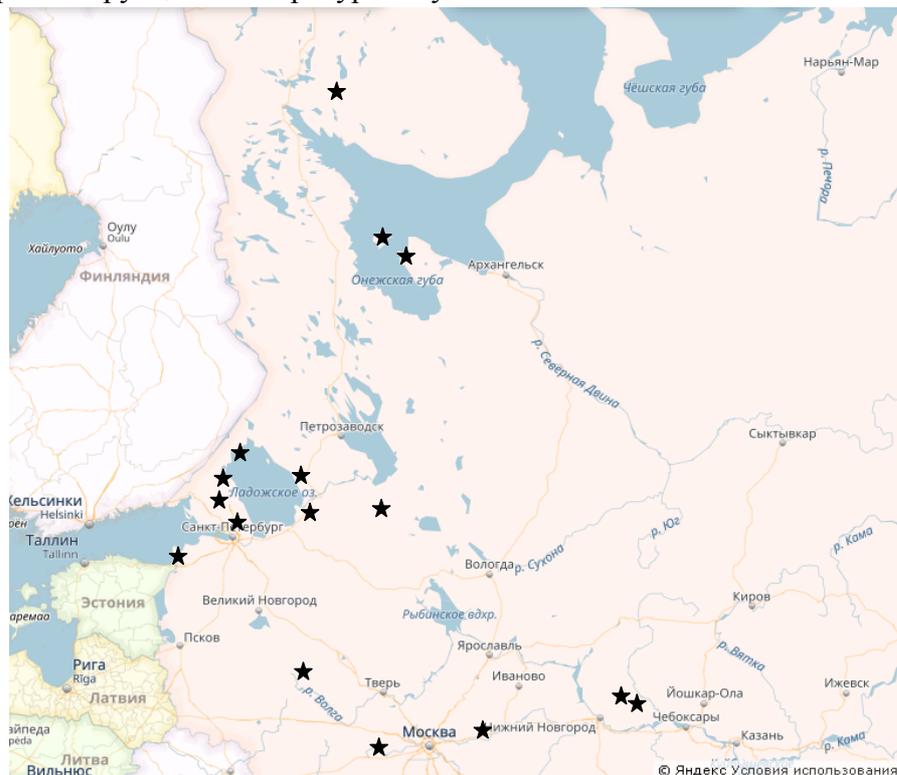


Рис. 1. Схема расположения исследованных озер

Анализ ППП проведен для отложений более чем 30 малых мелководных озер севера, северо-запада и центра Европейской России (рис. 1). Материал для исследования отбирался русским торфяным буром в центральной части озер с глубин до 7 м, при технологической невозможности организовать бурение в центральной части озера колонки отбирались со сплавины. Далее образцы разбирались по 2-5 см (в зависимости

от общей мощности колонки) без пропусков. Анализ проводился по принятой в институте озераведения методике - перетертые в порошок, высушенные при температуре 105°, остывшие в эксикаторе до комнатной температуры образцы взвешивались, прокаливались при температуре 500° в течении 6 часов и, высушенные при температуре 105° и остывшие в эксикаторе до комнатной температуры, снова взвешивались.

По динамике содержания органического вещества в исследованных озерных разрезах отмечены следующие наиболее часто встречающиеся периоды осадконакопления: 1) позднеплейстоценовый минерогенный с низким накоплением органического вещества; 2) раннеголоценовый с резким (взрывным) ростом содержания органического вещества; 3) раннеголоценовый с максимальным (за весь голоцен) накоплением органического вещества; 4) раннеголоценовый с прекращением высокого накопления органического вещества и эрозией; 5) среднеголоценовый с высоким накоплением органического вещества; 5) позднеголоценовый с уменьшением накопления органического вещества до минимальных значений, стабилизацией и незначительным трендом к росту.

На рисунке 2 представлены типичные сценарии голоценовой динамики накопления органического вещества. Естественно, они являются генерализованными, реальное поведение кривой значений ППП часто осложнено разномасштабными флуктуациями. Важно также отметить, что соединение ныне обособленных озерных котловин с крупными водоемами и их изоляция от последних в ходе геологической истории существенно осложняет данные сценарии.

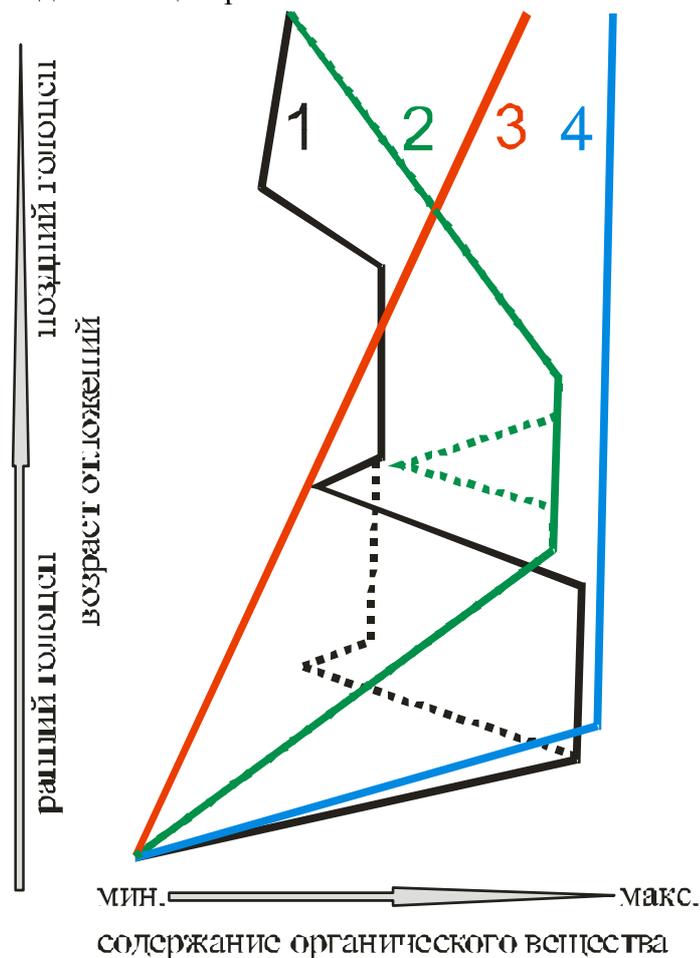


Рис. 2. Динамика содержания органического вещества в исследованных озерах

1) Сценарий ступенчатого падения. После позднеплейстоценовой смены минерогенного осадконакопления органогенным, выраженным в стратиграфии началом формирования гиттии, происходит резкий подъем значений ППП и их стабилизацией на

максимальном для всего разреза уровне (первая ступень). После продолжительного либо кратковременного периода максимальных значений ППП происходит резкий спад значений и их последующая стабилизация (вторая ступень). Финальный спад значений ППП до минимальных за весь разрез, стабилизация и слабо выраженный тренд к повышению в поверхностных образцах (третья ступень). 2) Горбообразный сценарий. Рост органического вещества в отложениях происходит постепенно, достигая максимума в середине разреза, после чего происходит постепенное падение значений ППП. Иногда в середине разреза отмечается выраженный спад накопления органики; 3) Сценарий постепенного роста. Весь голоцен происходит постепенное увеличение содержания органического вещества в отложениях. 4) Платообразный сценарий. После резкого роста значений в нижней части разреза, на протяжении всего голоцена условия накопления органического вещества меняются не значительно. Может быть отмечен незначительный тренд в сторону повышения/понижения.

Перспективным представляется осуществление статистической обработки полученного материала и выделение синхронных периодов резкого спада/резкого роста накопления органического вещества, прослеживаемых в озерных отложениях на обширной территории и датирование этих периодов.

Исследование проводится при частичной поддержке РФФИ (16-05-00727).

FLORAL COMPOSITION OF THE TREELINE ECOSYSTEM REVEALED BY POLLEN ANALYSES AND DNA FROM NORTH SIBERIAN ARCTIC LACUSTRINE SEDIMENTS

¹Bastian Niemeyer, ¹Laura S. Epp, ^{1,2}Ulrike Herzschuh

¹Alfred Wegener Institute Helmholtz Center for Polar and Marine Research; Potsdam; Germany

²Institute for Earth and Environmental Science of the University of Potsdam; Potsdam; Germany

Arctic environments are climatically influenced and current changes in climate cause changes in vegetation too. For example in the Taymyr lowlands, as the northernmost boreal-arctic treeline area presents species of the treeline ecotone with dominances of *Larix gmelinii*, *Betula nana* and *Alnus viridis*. They are shifting in density and have done so couple of times before throughout the Holocene. To understand changes in the past it is necessary to investigate the current state, before deducing changes for other time phases of the Holocene. Therefore a joint Russian-German field campaign was carried out in 2013 at the Taymyr lowlands to perform a multidisciplinary investigation by combining palynological and DNA based methods. Along a transect spanning the treeline ecotone we sampled lake sediments and mapped the vegetation, revealing changing vegetation compositions and densities. The results of the surveyed vegetation help to investigate the current state of vegetation and will serve as calibration of the pollen and DNA metabarcoding records. Comparison of vegetation and pollen records allows assessing over- or underrepresentation of some taxa within the pollen signal, and will enable a more detailed interpretation of historic pollen records. This multidisciplinary investigation will draw a more comprehensive image of the current vegetation composition at the Taymyr lowlands as possible so far, and will enable a better interpretation of historical vegetation changes at the treeline.

СВЯЗЬ ДИНАМИКИ УРОВНЯ С РЕЖИМОМ СТРАТИФИКАЦИИ СОЛЕНОГО ОЗЕРА ШИРА (ХАКАСИЯ): ОТ СОВРЕМЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ К ПАЛЕО-РЕКОНСТРУКЦИИ

Рогозин Д.Ю.^{1,2}, Тарновский М.Ю.^{1,2}, Зыков В.В.¹, Калугин А.И.³, Дарьин А.В.³,
Белолипецкий В.М.⁴

¹Институт биофизики СО РАН (г. Красноярск)

²Сибирский Федеральный Университет, (г. Красноярск)

³Институт геологии и минералогии им. Соболева СО РАН (г. Новосибирск)

⁴Институт вычислительного моделирования СО РАН (г. Красноярск)

Соленые бессточные озера, расположенные в аридном климате, являются чувствительными индикаторами климата, поскольку чутко реагируют изменением уровня воды на изменения эффективной влажности в их водосборном бассейне. В относительно глубоких соленых озерах при значительных изменениях уровня воды может меняться режим циркуляции водной толщи. А именно – могут происходить переходы из меромиктического режима в голомиктический и обратно. При поступлении пресной воды с поверхностными стоками в изначально соленом озере возникает вертикальный градиент солености (следовательно – плотности воды), что и приводит к возникновению меромиксии (эктогенная меромиксия). Таким образом, меромиктическое состояние характерно для периодов подъема уровня озера, т.е. когда эффективная влажность климата увеличивается. И наоборот – при превышении испарения над поступлением воды уровень озера снижается, градиент солености уменьшается, что приводит к полному перемешиванию водной толщи – голомиксии.

В меромиктическом состоянии нижняя часть водной толщи не контактирует с атмосферой в течение многих лет. В таких озерах наилучшим образом сохраняется годовая слоистость донных осадков, поскольку отсутствуют биотурбация и турбулентные процессы на границе вода-дно. Характерной особенностью меромиктических озер являются скопления фототрофных серных бактерий в водной толще на верхней границе сероводородной зоны (в так называемом хемоклине). Специфические пигменты - каротиноиды и бактериохлорофиллы этих бактерий сохраняются в донных отложениях и служат надежным индикатором присутствия сероводорода в фотической зоне озера (Overmann et al., 1993).

Озеро Шира (54.30 СШ 90.11 ВД, Республика Хакасия) расположено в степной зоне северной части Минусинской котловины, в условиях резко-континентального аридного климата. Это солоноватый водоем, размером 9.35 × 5.3 км, глубина 24 м. Озеро бессточное, питание его осуществляется за счет р. Сон (40 % поступления), а также атмосферных и антропогенных поступлений. В период регулярных наблюдений 2002-2014 озеро было меромиктическим, средняя соленость в миксолимнионе в период летней стратификации 2002-2014 гг составляла около 15 г л⁻¹, а в монимолимнионе – около 19 г л⁻¹ (Rogozin et al., 2010). Минеральный состав сульфатно-хлоридно-натриево-магниевый.

В период с 2002 по 2015 гг нами проводился ежесезонный мониторинг вертикальных профилей солености, температуры, концентрации кислорода, сероводорода, и биомассы пурпурных серных бактерий (ПСБ) (Рогозин и др., 2016). Было показано, что в период подъема уровня воды (2002- 2007) озеро являлось устойчиво меромиктическим, тогда как в период, когда средний уровень озера перестал расти, и оставался постоянно высоким (2007- 2014), меромиксия была менее устойчивой, и в 2015 произошло полное перемешивание озера, т.е. его переход в голомиктический режим. Устойчивость меромиксии характеризуется максимальной глубиной перемешивания в годовом цикле, которая достигается в марте (Rogozin et al., 2010; Genova et al., 2010).

Статистический анализ глубины перемешивания, силы ветра, толщины льда и динамики уровня показал, что наиболее значимым фактором поддержания меромиксии являлся подъем уровня, тогда как главным фактором разрушения меромиксии является ветровое воздействие. Анализ профилей показал, что именно сильные ветра осенью 2014 гг способствовали перемешиванию озера. Биомасса ПСБ коррелировала с устойчивостью меромиксии: была высокой в период устойчивой меромиксии, и наоборот (Рогозин и др., 2016). После перехода в голомиктический режим в 2015 г. биомасса ПСБ снизилась ниже предела обнаружения. Таким образом, для современного состояния озера Шира нами выявлена причинно-следственная связь: подъем уровня - устойчивая меромиксия - высокая биомасса ПСБ, постоянный либо снижающийся уровень – неустойчивая меромиксия или голомиксия - низкая или исчезающая биомасса ПСБ.

В донных отложениях озера Шира индикатором биомассы ПСБ является каротиноид окенон – специфический пигмент ПСБ, населяющих озеро (Зыков и др., 2012). Показано, что в отложениях периода 1910-1930-е гг, когда уровень озера проходил через минимум и был на 7 м ниже современного (1926 г), окенон отсутствует. Низкое количество органики также свидетельствует, условия в придонных водах озера в тот период были окислительными, следовательно – озеро было голомиктическим (Kalugin et al., 2013). Максимальное содержание окенона обнаружено в отложениях 1950-1960-х гг, когда уровень озера возрастал. В отложениях последующих десятилетий содержание окенона вновь снижается. Таким образом, анализ донных отложений, соответствующих периоду инструментальных наблюдений за уровнем озера, подтвердил, что пики окенона являются индикаторами периодов подъема озера.

В более древних донных отложениях возрастом до 4500 лет выявлено несколько пиков окенона, которые наблюдаются в слоях на глубинах 125 мм, 375 мм, 1050-1060 мм, 1840-1850 мм и 2030-2040 мм, расположенных непосредственно над светлыми карбонатными слоями, содержащими малое количество каротиноидов. Геохимический анализ донных отложений (Kalugin et al., 2013) и расчеты процессов равновесного минералообразования (Третьяков и др., 2012), свидетельствуют, что «белые» карбонатные слои соответствуют периодам повышенного отложения карбонатов, т.е. периодам уменьшения объема озера, соответственно – увеличения концентраций растворенных солей (Kalugin et al., 2013). Следовательно, пики окенона вероятно отражают периоды подъема озера, а участки керна, на которых окенон отсутствует – период его стабильного либо снижающегося уровня.

Таким образом, показана принципиальная возможность использования каротиноидов фототрофных серных бактерий в качестве палео-индикаторов динамики уровня соленых стратифицированных озер, а следовательно – динамики эффективной влажности климата в аридных зонах Южной Сибири.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант 15-45-04272.

Список литературы

1. Overmann J., Sandmann G., Hall K.G., Northcote T. Fossil carotenoids and paleolimnology of meromictic Mahoney Lake, British Columbia, Canada // *Aquatic Sciences*. 1993. 55: 1015-1621.
2. Rogozin DY, Genova SV, Gulati RD and Degermendzhy AG (2010) Some generalizations on stratification and vertical mixing in meromictic Lake Shira, Russia, in the period 2002-2009. *Aquatic Ecology* V.44, No.3, P.485-496.
3. Genova SN, Belolipetskii VM, Rogozin DY, Degermendzhy AG and Mooij WM (2010) A one-dimensional model of vertical stratification of Lake Shira focused on winter conditions and ice cover. *Aquatic Ecology* 44 (3): 571-584.

4. Зыков В.В., Рогозин Д.Ю., Калугин И.А., Дарьин А.В., Дегерменджи А.Г. (2012) Каротиноиды в донных отложениях меромиктического озера Ши́ра (Россия, Хакасия) как палео-индикатор для реконструкции состояний озера. Сибирский экологический журнал, 2012, № 4, с. 585-595.
5. Третьяков Г.А., Калугин И.А., Дарьин А.В., Рогозин Д.Ю., Дегерменджи А.Г. Физико-химические условия сезонного осаждения карбонатов в озере Ши́ра (Хакасия). Докл. АН. (2012) т. 446, № 2, с. 197-200.
6. Kalugin I., Darin A., Rogozin D., Tretyakov G. (2013) Seasonal and centennial cycles of carbonate mineralisation during the past 2500 years from varved sediment in Lake Shira, South Siberia. Quaternary International. V.290-291, P. 245-252.
7. Рогозин Д.Ю., Зыков В.В., Тарновский М.О. (2016) Динамика пурпурных серных бактерий в соленом меромиктическом озере Ши́ра (Сибирь, Хакасия) в период 2007-2013 гг. Микробиология. Т. 85, № 1, с. 73-82.
8. Дарьин А.В., Калугин И.А., Максимов М.А., Рогозин Д.Ю., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сорокалетов Д.С. (2015) Реконструкция уровня оз. Ши́ра за последние 1500 лет на годовой временной шкале (по данным рентгенофлуоресцентного микроанализа на пучках синхротронного излучения). Известия РАН. Серия физическая. Том 79, № 1, с. 141–145.

CARBONATE MINERALOGY OF SEDIMENTS FROM SHALLOW LAKES OF BAIKAL REGION: WATER BALANCE AND PALEOCLIMATIC CONDITIONS

Е.Р. Solotchina¹ P.A. Solotchin¹, I.V. Danilenko¹, Yu.N. Markova²

¹Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia, solot@igm.nsc.ru

²Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia, markova.julia.igc@yandex.ru

The study of mineral assemblages and crystallochemical characteristics of individual mineral phases is a powerful tool for understanding the processes of lacustrine sedimentation. The sediments of Lake Sulfatnoe (western Transbaikalia) were studied by X-ray diffraction, IR spectroscopy, laser particle size analysis, and analysis of stable isotopes ¹⁸O and ¹³C, etc. All carbonate phases were identified by decomposition of complex XRD profiles into individual peaks using the Pearson VII function, and the quantitative relationships between them were determined. Juxtaposing the carbonate record with the data of lithological analysis and distribution of stable isotopes and some geochemical indicators of climatic changes, we reconstructed the evolution of Lake Sulfatnoe, which was controlled by the regional climate since the middle Holocene till the present day.

МИНЕРАЛОГИЯ КАРБОНАТОВ В ОСАДКАХ МАЛЫХ ОЗЕР БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: ВОДНЫЙ БАЛАНС И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ

Э.Р. Солотчина¹, П.А. Солотчин¹, И.В. Даниленко¹, Ю.Н. Маркова²

¹ Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия, solot@igm.nsc.ru

² Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия, markova.julia.igc@yandex.ru

Высокая степень влияния региональных климатических и природных факторов на осадконакопление во внутриконтинентальных водоёмах обуславливает необходимость всестороннего изучения их донных отложений при проведении палеоклиматических реконструкций. Мощным инструментом для понимания процессов озёрной седиментации являются минералого-кристаллохимические исследования донных осадков. В предлагаемом сообщении приводятся результаты изучения голоценовых отложений одного из малых соленых озер аридных и семиаридных зон Западного

Забайкалья с карбонатной седиментацией с целью выявления зависимости минералого-кристаллохимических особенностей хомогенных карбонатов, закономерностей их формирования и последовательности осаждения от прошлых изменений климата и окружающей среды.

Озеро Сульфатное располагается в Гусиноозёрской котловине у подножия Хамбинского хребта (Селенгинская Даурия) на высоте 602,5 м над уровнем моря. Климат территории резко континентальный, суровый и засушливый. Количество атмосферных осадков составляет 200–300 мм/год. Возможно, впадина оз. Сульфатное являлась заливом большого водоема, предшествовавшего современному Гусиному озеру. В настоящий момент оз. Сульфатное является бессточным, водно-солевое питание получает преимущественно за счет атмосферных осадков. Определенную роль в питании играют подземные воды глубоких горизонтов. Площадь водной поверхности меняется от 9 до 12 км², средняя глубина ~1,7 м. Вода сульфатно-натриевая, ее минерализация – 5,2-7,7 г/л, рН – 8,9-9,2, карбонатная щелочность ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) – 1650 мг/л.

Керновый материал озерных отложений был получен бурением со льда, в точке с координатами 51°21'43" N и 106°33'47" E. Литолого-минералогическое изучение образцов проводилось в ЦКП Института геологии и минералогии СО РАН методами лазерной гранулометрии (Analysette-22), рентгеновской дифрактометрии (ARL X'TRA), ИК-спектроскопии (VERTEX 70 FT I), электронной микроскопии (LEO 1430 VP). Элементный состав определялся методами РФА СИ (Сибирский центр синхротронного излучения) и ААС (SOLAAR M6); анализ стабильных изотопов ¹⁸O и ¹³C выполнен на масс-спектрометре Finnigan MAT 253. Датирование разреза проводилось методами AMS (¹⁴C) по карбонатному веществу (ЦКП "Геохронология кайнозоя" СО РАН), по органическому веществу (Университет г. Кёльна, Германия) и гамма-спектрометрией ²¹⁰Pb (ЦКП ИГМ СО РАН).

Осадки вскрыты до глубины 57,1 см. Верхний интервал 0-13 см сложен алевролитами, в различной степени песчанистыми с примесью пелитового материала. Отложения включают створки диатомей, растительный детрит и раковины моллюсков. В интервале 13-25 см преобладают грубообломочные осадки, содержащие более 80% материала псаммитовой и гравийной размерности. Накопление этой толщи связано, по нашему мнению, с частичным или полным пересыханием озёрного бассейна и резким возрастанием роли сноса обломочного материала с обрамления котловины временными потоками. Интервал 25-53 см представляет собой озерную фацию и сложен глинисто-алевритовыми осадками с примесью песчаного материала. В подошве разреза (53-57,1 см) вновь возрастает роль грубообломочной фракции, вплоть до гравия, что, вероятно, связано с начальным этапом формирования озерной котловины.

Установлено, что в осадках доминируют терригенные минералы: кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз, в подчиненном количестве присутствуют слюда и каолинит. Содержание карбонатов в пробах не превышает 25% от минерального состава. Хомогенные карбонатные минералы в донных отложениях оз. Сульфатное относятся к кальцит-доломитовому ряду. Среди карбонатов этого ряда наименее изучены Mg-кальциты, которые рассматриваются как смешанные кристаллы ряда кальцит–доломит без постоянного химического состава [1]. Истинными твердыми растворами они являются при низких содержаниях MgCO₃ <18 мол.%. В остальных случаях это «доменные» кристаллы нанометрической размерности, представляющие собой смешанослойные образования, состоящие из последовательности кальцитовых и магнезитовых слоев, чередующихся с разной степенью порядка, вплоть до составов Са-избыточных доломитов [2]. По химическому составу, положению основных аналитических пиков на порошковых рентгенограммах и ряда полос поглощения в ИК-спектрах Mg-кальциты располагаются между кальцитом СаСО₃ и доломитом СаMg[СО₃]₂. Диагностика карбонатов проводилась по отражениям *hkl*=104 в области углов 29,0-31,5° 2ΘCuK_α (рис. 1). По величине *d*₁₀₄ мы делим карбонаты ряда кальцит-

доломит на три группы: 1) низко-Mg кальциты с содержанием $MgCO_3$ в структуре <4-5 мол.%; 2) промежуточные Mg-кальциты с 5-18 мол.% $MgCO_3$ в структуре; 3) высоко-Mg кальциты с содержанием 30-43 мол.% $MgCO_3$. Кроме Mg-кальцитов в осадках установлены Ca-избыточные доломиты, присутствие значительного количества которых указывает на мелководный, плайевый характер озера [3]. На дифрактограммах образцов, записанных с высоким разрешением, 104-пики Mg-Ca карбонатов образуют два максимума сложной формы и переменной интенсивности (рис.1).

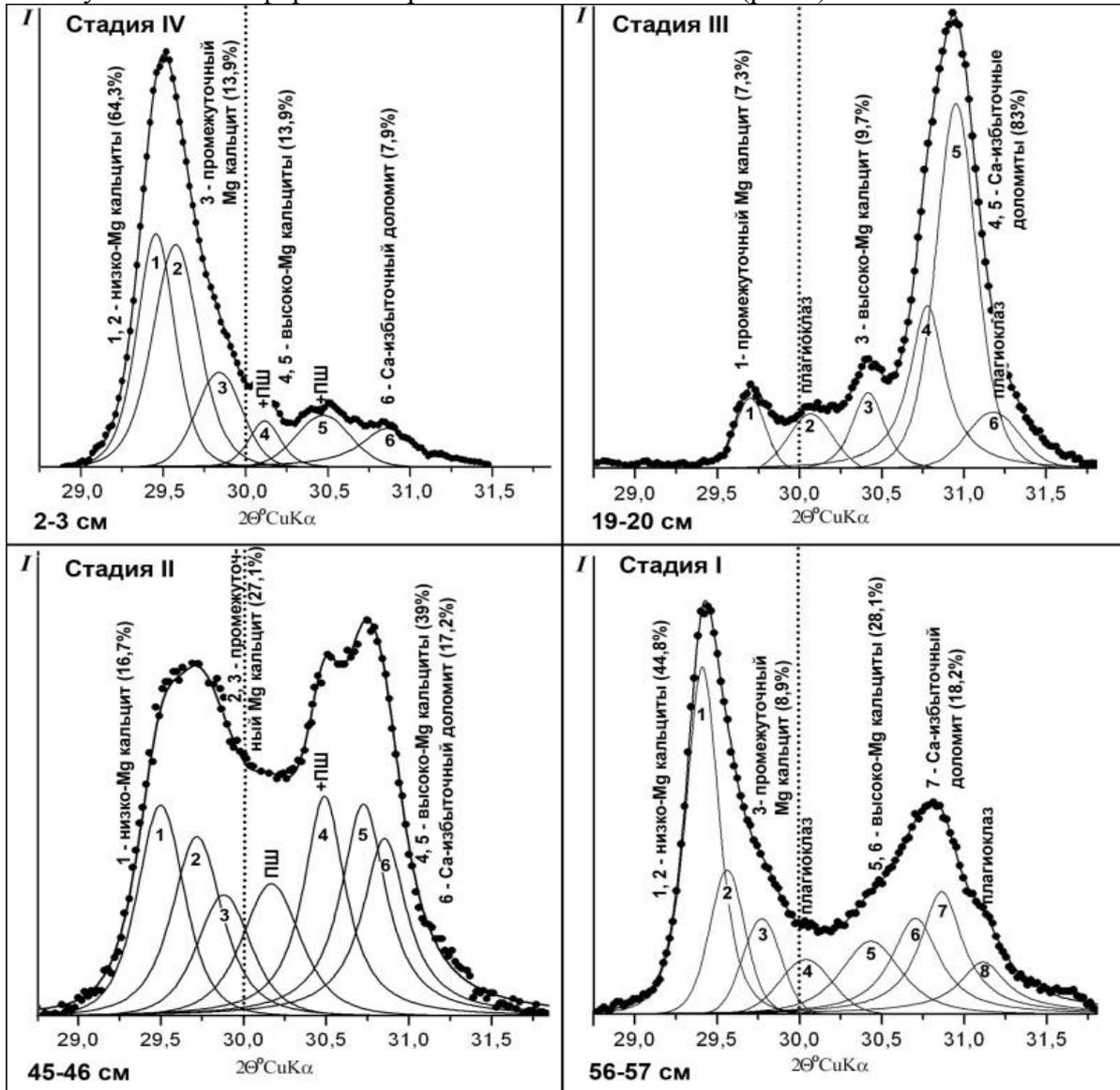


Рис. 1. Моделирование экспериментальных XRD профилей карбонатов осадков оз. Сульфатное в области 104-пиков. Очевидно хорошее соответствие суммарных модельных профилей (сплошная линия) с экспериментальными (пунктирная линия).

Разложением расширенных дифракционных максимумов на индивидуальные пики функцией Пирсона VII установлено, что в осадках оз. Сульфатное присутствует несколько карбонатных фаз, представленных Mg-кальцитами разной степени магниальности и Ca-избыточными доломитами, соотношение которых меняется по разрезу. Известно, что осаждение тех или иных карбонатов определяется рядом факторов: Mg^{2+}/Ca^{2+} отношением в воде, её карбонатной щелочностью (концентрации HCO_3^- , CO_3^{2-} и H_2CO_3), соленостью (Sr/Ca), величиной pH, температурой, органической продуктивностью озера, которые контролируются водным балансом, зависящим от климатических условий [4]. Ранее нами было показано [5,6], что аридизация климата, сопровождающаяся падением уровня вод, увеличением в них отношений Mg/Ca и Sr/Ca,

приводит к осаждению серии высоко-Mg кальцитов и Са-доломитов, и напротив, теплый и влажный климат способствует формированию низкомагнезиальных и промежуточных Mg-кальцитов.

На основании минералогических и кристаллохимических исследований карбонатов выделено 4 стадии эволюции оз. Сульфатное. Судя по данным радиоуглеродного датирования, озеро сформировалось в теплый и влажный атлантический период голоцена (стадия I), в осадках преобладают низко-Mg кальциты (рис.1, обр. 56-57 см). Более засушливые условия сложились в самую продолжительную стадию II, охватывающую конец атлантического периода и весь суббореальный. В это время наряду с низко-Mg кальцитами в переменных количествах осаждались высоко-Mg кальциты и Са-избыточные доломиты (рис.1, обр. 45-46 см), что свидетельствует о нестабильных условиях в водоеме. Самый драматический период в жизни озера – субатлантический (стадия III). В эту стадию с низким уровнем карбонатонакопления, формировались преимущественно Са-доломиты (рис.1, обр. 19-20 см), что указывает на плейвеый характер водоема. Стадия IV характеризуется отчетливой тенденцией увлажнения климата вплоть до современности, в верхах разреза преобладают низкомагнезиальные и промежуточные Mg-кальциты (рис.1, обр. 2-3 см).

Сопоставление детальной карбонатной записи в датированном разрезе с данными литологического анализа, результатами определения стабильных изотопов ^{18}O и ^{13}C и распределением ряда геохимических индикаторов климатических изменений (Mg/Ca, Sr/Ca и Sr/Rb), позволило воссоздать сложную историю эволюции оз. Сульфатное, выделить периоды обмеления и обводнения озера, обусловленные изменениями климата региона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 14-05-00296 и № 16-05-00244).

Список литературы

1. Navrotsky A., Capobianco C. Enthalpies of formation of dolomite and of magnesian calcites // Amer. Miner., 1987, v. 72 (7-8), p. 782-787.
2. Deelman J.C. <http://www.jcdeelman.demon.nl/dolomite/bookprospectus.html>.
3. Last W.M. Geolimnology of salt lakes // Geosci. J., 2002, v. 6, № 4, p. 347-369.
4. Нечипоренко Г.О., Бондаренко Г.П. Условия образования морских карбонатов. М., Наука, 1988, 133 с.
5. Solotchina E.P., Prokopenko A.A., Kuzmin M.I., et al. Climate signals in sediment mineralogy of Lake Baikal and Lake Hovsgol during the LGM-Holocene transition and the 1-Ma carbonate record from the HDP-04 drill core // Quatern. Intern. 2009. V. 205. P. 38-52.
6. Солотчина Э.П., Склярёв Е.В., Солотчин П.А., и др. Минералогия и кристаллохимия карбонатов голоценовых осадков озера Киран (Западное Забайкалье): связь с палеоклиматом // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 4. С. 605—618.

PAST GENETIC PATTERNS OF ARCTIC FRESHWATER DIATOMS FROM THERMOKARST LAKES IN SIBERIA

Kathleen R. Stoof-Leichsenring¹
Luidmila A. Pestryakova²
Ulrike Herzschuh^{1,3}

¹ Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Periglacial Research, Telegrafenberg 43A, 14473 Potsdam, Germany

² Department of Geography and Biology, North-Eastern Federal University of Yakutsk, Belinskogo 58, 67700 Yakutsk, Russia.

³ Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Karl- Liebknecht-Strasse 24-25, 14476 Potsdam-Golm, Germany.

Arctic lake sediments are valuable archives for studying present and past changes of biodiversity. Diatoms are sensitive to environmental changes and their siliceous skeletons preserved in the sediment provide suitable indicators for lake history reconstruction by microscopic approaches. However, diatom diversity from sediments can be also tracked by metagenetic approaches, which can provide taxonomic determinations below the species level and genetic relatedness between diatom lineages, which is not possible when applying classical morphological methods. The treeline ecotone in Siberia is defined by a gradual change from forest to tundra vegetation, which is a surrogate for related environmental changes across this area influencing also the embedded aquatic habitats. This study investigates the influence of temporal environmental changes on the diatom diversity and their relatedness patterns in order to understand the function of the treeline ecotone as a driver for diatom diversification. Therefore, we examine a metagenetic approach coupled with next-generation Illumina amplicon sequencing. We analyzed two sediment cores from North-Eastern Siberia (Khatanga, Krasnoyarsk region). The dated core material revealed an age of about 7000 years and 9000 years, respectively. Both cores showed periods of pronounced vegetation changes previously supported by pollen grain analyses. Until now, a preliminary analysis of the genetic data from both cores generally confirmed high genetic diatom diversity in most core samples and intra-specific temporal diversity shifts in the dominant diatom taxa like *Staurosira*, *Aulacoseira* and *Pinnularia*. Further analyses will revealed if these temporal shifts correspond with environmental changes at the treeline ecotone.

LATERAL AND VERTICAL ELEMENTS DISTRIBUTION IN SMALL CONTINENTAL LAKE SYSTEMS COMPONENTS OF SIBERIA

Strakhovenko V.D., Ovdina E.A.

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia.

In article, on the basis of large volume of analytical data, geochemical features of mineral types of bottom sediments from various landscape zones of Siberia are established. The vertical and lateral distribution of elements in lake systems components studied by a complex of modern geochemical methods is considered. According to analytical data ground deposits of continental lakes are divided on mineral structure into 6 groups: quartz-feldspar (detrital - terrigenous), carbonate, X-ray amorphous (sapropelic) and terrigenous-carbonate, terrigenous-organogenic, organogenic-terrigenous-carbonate.

Variations of elements distribution are connected with inheritance of their contents in soils and the soil-forming rocks, impoverishment of a deposit again formed by autochthonic organic substance and autigeny minerals (carbonates and amorphous silicon dioxide), and also local anthropogenous influence.

ЛАТЕРАЛЬНОЕ И ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПОНЕНТАХ МАЛЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОЗЕРНЫХ СИСТЕМ СИБИРИ

Страховенко В.Д., Овдина Е.А.

Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН, г. Новосибирск

В настоящий момент времени не вызывает сомнения то, что природные и антропогенные потоки элементов имеют глобальный характер. Толщи донных

отложений формируются с момента зарождения озера и до наших дней, за счет приноса обломочного материала притоками озера, ветрового переноса, снеговыми и паводковыми потоками, а также отмирания растительных и животных организмов. Компонентный состав донных отложений (ДО) малых континентальных озер сильно зависит от разнообразия ландшафтно-геохимических условий и многих других зональных и азональных факторов, от взаимосвязей живого и минерального миров, которое проявляется через процессы трансформации органического вещества и минералообразования [3 и др.]. Все эти факторы обуславливают различие средних содержаний макро- и микроэлементов при формировании ДО в озерах. Цель работы - на основе большого объема аналитических данных установить геохимические особенности минеральных типов осадков из различных ландшафтных зон Сибири.

По данным рентгеноспектрального анализа и микроскопического изучения ДО континентальных озер разделяются по минеральному составу на 6 групп: кварц-полевошпатовые (обломочные - терригенные), карбонатные, рентгеноаморфные (сапропелевые) и терригенно-карбонатные, терригенно-органогенные, органогенно-терригенно-карбонатные. Следует обратить внимание на устойчивый набор минералов в ДО озер Сибири. Основными минералами являются: кварц, плагиоклаз, калиевый полевой шпат, минералы кальцит-доломитового ряда, а также к ним добавляется рентгеноаморфная фаза (органическое вещество); а в виде примесей могут присутствовать слюды, гидрослюды (иллит), хлориты, смектиты, арагонит, пирит и др.

Аналитические данные по макро- и микросоставу ДО озер и почв их водосборных площадей, усреднены по различным ландшафтным зонам. Для почв эти значения сопоставимы с данными для почв Западной Сибири и средним значением для почвы континентов [9] по таким элементам как Al, Si, Ti, K, Fe, Sr, Ba, Pb, Cu, Zn, Co, Be. Выявлен значительный избыток в почвах Na, Mg, что возможно связано с их засолением, и небольшое превышение содержаний по Ca, Mn, Cr и Ni. Следует отметить дефицит в почвах изученных территорий Li, V, Hg, Sb и в некоторых ландшафтах Cd, Th. Выявленные аномальные концентрации некоторых микроэлементов в отдельных почвенных разрезах связаны с геохимическими особенностями почвообразующих пород. Установлено, что средневзвешенные значения содержаний микроэлементов в почвах близки к средним для почвообразующих пород. Проведя сравнение концентраций элементов в выборках почв разных ландшафтных зон, можно утверждать, что за исключением Ca и Na по всем изученным элементам вариация содержаний не превышает величину среднее арифметическое $\pm 3\sigma$ (три стандартных отклонения).

Сопоставление концентраций элементов в ДО озер с составом верхней континентальной коры показало избыточное накопление в процессе современного осадкообразования Cd, Sb, Cr, Ni, Cu во всех ландшафтах и Ca, Sr, Mg, U, Hg, Pb в некоторых, и значительное обеднение Na, Ba, Th, Al, Be, K, Ti, Th во всех ландшафтах.

Сравнение данных по средневзвешенным значениям содержаний изученных элементов в ДО озер Сибири и почв их водосборных площадей показало, что они значительно отличаются по некоторым элементам. Зафиксированы более высокие концентрации Ca, Mg, U в осадках озер всех ландшафтных зон и Sr в ландшафтах с дефицитом влаги, а Cd, Sb, Hg, наоборот - в ландшафтах с повышенной обводненностью. Высокими значениями содержаний микроэлементов в ДО озер относительно почв в целом отличается тундровый ландшафт. Практически во всех регионах ДО обеднены Na в отличие от почв. Разные минеральные типы ДО озер отличаются не только по своему макросоставу, но и по содержанию ряда микроэлементов. Согласно полученным данным, основной избыток Ca, Sr, Mg в современных ДО связан с карбонатными отложениями. Высокие концентрации Cd отмечаются во всех органогенных осадках, а также иногда в сухостепной зоне в озерах с карбонатным типом осадка. Например, озера системы Тажеран, где концентрация кадмия в 3-4 раза выше фонового показателя для этой.

Влияние ландшафтных условий на формирование геохимического состава ДО одного и того же минерального типа четко прослеживается для органогенных и карбонатных илов. Отличия в распределении микроэлементов с преобладанием терригенной составляющей ДО минимальны. Для всех типов ДО наибольшая близость к содержаниям в верхней континентальной коре установлена для Co, Ni, Cu, Zn, V, Cr, Mn, Al, Si, Ti, Mg, Pb. Это свидетельствует о преобладании механической формы переноса с площадей водосбора в озера минеральной компоненты.

Вертикальное распределение изученных микроэлементов в почвенных профилях характеризуется равномерностью с общей тенденцией хаотичного изменения значений в пределах меньше одного стандартного отклонения. При этом содержания в верхних горизонтах не превышают значений для нижних интервалов. Элементами с отчетливо выраженным характером повышения концентраций от нижних к верхним почвенным горизонтам являются Cd и Hg во всех ландшафтных зонах Сибири.

Вертикальное распределение элементов в отдельно взятых озерах разобрано автором совместно с коллегами в целом ряде статей и материалов совещаний [4, 5 и др.]. Анализ вертикального распределения радионуклидов и микроэлементов в обобщенных колонках изученных озер по ландшафтным зонам и регионам Сибири позволяет выделить два типа. В первом случае верхние и нижние горизонты ДО практически не отличаются по содержаниям большинства изученных элементов (Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Mg, Be, Sb, Mn и другие). Примером такого распределения компонентов в осадках служит огромное количество озер, в непосредственной близости от которых нет ни населенных пунктов, ни промышленных производств. Другой тип распределения отмечается для Hg, Cd; для Mn и Pb это наблюдается в некоторых случаях - в большинстве разрезов в верхней части концентрации их увеличиваются. Подобный характер распределения для значительно большего количества микроэлементов отмечается в ДО водоемов, находящихся около населенных пунктов. Например, в озере Кривое (г. Завьялово, Алтайский край) [1]. В различных регионах Сибири встречаются озера, где на нормальном фоне распределения элементов по разрезу донных осадков отмечаются слои, резко обогащенные одним или несколькими элементами (ураганные содержания). Так в озере Яков (Томская область) в верхних 10 см концентрация Sb и Cd достигает 112 и 4,2 мг/кг, соответственно. Самая высокая концентрация Pb (3345 мг/кг) отмечается в осадках озера Большие Ракиты, примыкающего к г. Рубцовску.

Считается, что вариации в распределении микроэлементов в вертикальном разрезе ДО обусловлены как естественными, так и антропогенными факторами. Из естественных причин главной являются различия в литологическом составе. Однако, в осадках оз. Кривое, в котором показано увеличение содержаний к границе вода-ДО, верхние и нижние горизонты почти не отличаются по содержанию песчанистой составляющей. Анализируя аналитические данные по ДО озер с резкой или постепенной сменой минерального типа осадка, можно отметить закономерность в распределении только для ограниченного круга элементов. Органогенная фракция осадка содержит более высокие концентрации Cd, Zn, Mn, иногда U и Pb, и обеднена Mg и Na. Карбонатная часть осадка отличается резко повышенными содержаниями Ca и Sr, иногда Mn и Mg. Все остальные элементы либо практически не меняют тренд содержаний в профилях донных илов, либо смена происходит хаотично.

Источником ураганных концентраций также могут быть естественные природные процессы, проявившиеся локально [8].

Значимо более высокие содержания Cd и Hg в верхней части профилей ДО и почв их водосборных площадей относительно нижележащих горизонтов, можно попытаться объяснить естественными причинами, а именно их связью с полиамидами фульвокислот органического вещества почв. Работы по изучению поведения кадмия в компонентах природной среды показали, что пока не нарушен баланс естественных геохимических процессов, геохимия кадмия близка к природной и проявляется его сродство с цинком и

ртутью [2, 6 и др.]. Следовательно, в разрезах ДО с увеличением содержаний Cd должно фиксироваться увеличение и Zn к границе вода-донный осадок, чего практически не наблюдается. Но чаще всего вероятной причиной аномальных выбросов концентраций элементов служит техногенное загрязнение [7 и др.].

Обобщая данные по распределению изученных элементов в ДО озер с учетом минерального типа осадка и общей минерализации воды, можно утверждать, что терригенные илы наиболее четко наследуют их содержания в почвах и почвообразующих породах, и в наибольшей степени соответствуют значениям содержаний изученных элементов в верхней континентальной коре. Понижение содержаний радионуклидов, микроэлементов в ДО связано с разубоживанием осадка либо свободным кремнеземом, либо карбонатами или органическим материалом, за исключением определенных физико-химических условий современного осадкообразования для U и Cd.

Анализ вертикального распределения элементов в обобщенных колонках ДО изученных озер по ландшафтным зонам и регионам Сибири позволяет утверждать об увеличении антропогенной нагрузки в региональном масштабе на континентальные озерные системы Сибири на протяжении последних 70 лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-05-00132.

Список литературы

1. Гавшин В.М., Щербов Б.Л., Мельгунов М.С. и др. ^{137}Cs и ^{210}Pb в озерных отложениях Степного Алтая как показатели динамики антропогенных изменений геохимического фона на протяжении XX века. //Геология и геофизика, 1999, т. 40 № 9, с. 1331-1341.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
3. Перельман А.И. Геохимия. - М.; Высшая школа, 1989. - 528 с.
4. Страховенко В.Д., Таран О.П., Ермолаева Н.И. Геохимическая оценка сапропелевых отложений малых озер Обь-Иртышского междуречья // Геологии и Геофизики», 2014, т.55, № 10, «Гео», Новосибирск, с.1466-1477.
5. Страховенко В.Д., Щербов Б.Л., Маликова И.Н., Восель Ю.С. Закономерности распределения радионуклидов и редкоземельных элементов в донных отложениях озер различных регионов Сибири // «Геологии и Геофизики», 2010, т.51, «Гео», Новосибирск, с.1501-1514
6. Страховенко В.Д., Маликова И.Н., Щербов Б.Л. Сравнительный анализ распределения ртути в озерных системах различных регионов Сибири //ж. Химия в интересах устойчивого развития, т.20 №1, 2012, с. 117-123
7. Техногенез и биохимическая эволюция таксонов биосферы. - М.: Наука, 2003. - 351с.
8. Щербов Б.Л., Страховенко В.Д., Маликова И.Н. Природный и антропогенный факторы формирования микроэлементного состава донных отложений в водоемах Алтайского края // Геология и геофизика. - 2003. - №10. - т.44. – С.1024-1035.
9. Ярошевский А.А. Проблемы современной геохимии: Конспекты лекций // Новосиб. Гос. Ун-т, Новосибирск, 2004, 194с

TREELINES AND DISTURBANCES: A STUDY ALONG THE LOWER KOLYMA RIVER

Mareike Wiczorek^{1,2}, Alexei Kolmogorov³, Stefan Kruse^{1,2}, Inga Jacobsen^{1,2}, Anatoly N Nikolaev^{3,4}, Ingo Heinrich⁵, Luidmila A Pestryakova³, Ulrike Herzsuh^{1,2}

¹Periglacial Research Section, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, 14473 Potsdam, Germany

²Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, 14476 Potsdam, Germany

³Institute of Natural Sciences, North-Eastern Federal University of Yakutsk, 677000 Yakutsk, Russia

⁴ Melnikov Permafrost Institute of the Siberian Branch of RAS, 677000 Yakutsk, Russia

⁵GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

Treelines worldwide are threatened by climate change, which has the power to change growth and recruitment patterns of trees, eventually leading to a densification within and northward advance of the treeline. However, beside climate, disturbances like fire, changing hydrological regimes or anthropogenic influence affect tree stands in the boreal treeline ecotone. Tree stands along the lower Kolyma are impacted by e.g. fire, logging and, especially in the riparian zone, by water related disturbances. As changes in the surrounding forest structure might have implications for ion contents of thaw lakes, it is important to understand the influence of climate and disturbances on forest stand structures in this lake-rich area.

In our study area, the treeline ecotone is inhabited by only one tree species, *Larix cajanderi* (Mayr), which is able to grow on continuous permafrost and survive extremely low temperatures. In 2012, seven forest plots were studied on an 84 km long transect around the town of Chersky within the framework of a joined German-Russian expedition. Various disturbances, like fires of different intensities, lake drainage or water-logging at larch stands growing in old river beds and a polygon field, influenced the single plots.

Maximum tree age at the different plots ranges from 40 to 300 years. Plots which experienced different fire severities show contrasting stand structures with respect to larch density, distribution of tree life stages and maximum tree age. Stand structure at sites which experience hydrological disturbances varies dependent on the disturbances regime. When predicting future treeline development it is thus important to include the prevailing disturbances as they have the ability to alter the influence of climate change.

DATABASE “MORPHOMETRICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF THERMOKARST (POLYGONAL) PONDS IN NORTHERN PART OF YAKUTIA AND NEW SIBERIAN ISLANDS”

Yadrikhinskiy I.V.¹, Pestryakova L.A.¹, Gorodnichev R.M.¹, Ushnitskaya L.A.¹, Subetto D.A.², Frolova L.A.³

¹North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

²Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences

³Kazan (Volga region) Federal University

БАЗА ДАННЫХ «МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОКАРСТОВЫХ (ПОЛИГОНАЛЬНЫХ) ВОДОЕМОВ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЯКУТИИ И НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВОВ»

Ядрихинский И.В.¹, Пестрякова Л.А.¹, Городничев Р.М.¹, Ушницкая Л.А.¹, Субетто Д.А.², Фролова Л. А.³

¹Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

² Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

³Казанский (Приволжский) федеральный университет

Изученность полигональные водоемы на территории России слабо изучены. Наиболее детально исследованы физические и химические свойства воды на Аляске [1, 2, 3, 4, 5]. В России особенностями морфометрических, гидрохимических и гидробиологических показателей полигональных водоемов совместно изучаются СВФУ им. М.К. Аммосова и Институтом полярных и морских исследований им. А. Вегенера. За последние годы проблеме изученности водоемов реализованы несколько проектов. Совместный российско-германский проект - «Полигоны в болотах тундры: динамика и ответ на изменчивость климата в полярных регионах» (2011-2013). В рамках проекта "Лимнологические и седиментологические исследования озер и полигональных водоемов тундры" [6,7,8] составлена карта объектов исследования, подготовлены образцы озерной воды, прибрежного грунта и донных отложений для дальнейшего анализа и изучения в лабораторных условиях. Проведены аналитические работы, в ходе которых получены результаты по гранулометрическому и химическому составу, содержанию углерода, а также магнитной восприимчивости грунтов.

Исследованиями полигональных водоемов в нашей республике занимается российско-германская лаборатория по изучению экологического состояния Арктики – БиоМ (Биологический мониторинг) (рук. д.г.н., Пестрякова Л.А.). Лабораторией ведутся исследования на бассейнах рек Колыма, Индигирка, Лена, Анабар и Новосибирских островов. Коллективом лаборатории создана база данных где приведены детальные данные о морфометрических показателях (местоположение водоемов, принадлежность к природной зоне и генезис, длина, ширина, глубина, длина береговой линии, показатель удлиненности, изрезанность, площадь водного зеркала, приблизительный объем), физико-химических свойствах (прозрачность, рН, жёсткость общая, минерализация, анионный и катионные составы) и гидробиологических показателей каждого водоема. В 2016 году коллективом лаборатории создана и зарегистрировано в Федеральной службе по интеллектуальной собственности база данных «Морфометрические и гидрохимические параметры термокарстовых водоемов» (№2016620825 от 21 июня 2016 г.).

База данных содержит сведения о морфометрических и гидрохимических параметрах 85 полигональных водоемов, расположенных в бассейнах крупных северных рек Якутии (Анабар, Оленек, Лена, Индигирка, Колыма и Новосибирские острова). База данных представлена рядом взаимосвязанных таблиц, первый столбец, которых соответствует номерам озер, последующие – параметрам, характеризующим данные водные объекты. Целью создания БД является структуризация, объединение и систематизация сведений о местоположении, происхождении, морфометрических, гидрохимических параметрах полигональных водоемов северной части Якутии и Новосибирских островов.

Практическая значимость базы данных заключается в возможности информационного обеспечения заинтересованных субъектов при проведении хозяйственно-экономического освоения данных труднодоступных и перспективных природных территорий. Данные могут выступать в качестве основы для фонового мониторинга экологического состояния окружающей среды и водных объектов.

Список литературы

1. Hamilton, P.B., Gajewski, K., Atkinson, D.E., and Lean, D.R.S. 2001. Physical and chemical limnology of 204 lakes from the Canadian Arctic Archipelago. *Hydrobiologia*, 457(1/3): 133– 148. doi:10.1023/A:1012275316543.
2. Hobbie J.E. Limnology of tundra ponds. Barrow / Alaska. 1980. Strousburg. 514 pp.
3. Michelutti N, Douglas M.S.V., Lean D.R.S., Smol J.P. Physical and chemical limnology of 34 ultra-oligotrophic lakes and ponds near Wynniat Bay, Victoria Island, Arctic Canada. *Hydrobiologia*, 482:1-13.

4. Pienitz R., Smol J.P., Lean D.R.S. Physical and chemical limnology of 59 Lakes located between southern Yukon and the Tuktoyaktuk Peninsula, Northwest Territories (Canada). 1997. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 330-346.
5. Pienitz R., Smol J.P., Lean D.R.S. Physical and chemical limnology of 24 Lakes located between Yellowknife and Contwoyto Lake, Northwest Territories (Canada). 1997. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 347-358.

ANCIENT DNA REVEALS THE ORIGIN OF PLANT ORGANIC MATTER FROM LATE QUATERNARY PERMAFROST SEDIMENTS OF THE BUOR KHAYA PENINSULA (NORTH-EASTERN SIBERIA)

^{1,2}Heike Zimmermann, ^{1,3}Elena Raschke, ¹Laura Epp, ¹Kathleen-Stoof-Leichsenring, ¹Paul Overduin, ¹Georg Schwamborn, ¹Lutz Schirrmeister, ^{1,2}Ulrike Herzsuh

¹Periglacial Research Section, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, 14473 Potsdam, Germany

²Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, 14476 Potsdam, Germany

³Arctic and Antarctic Research Institute, Bering St. 38, St. Petersburg, 199397 Russia

During Pleistocene cold stages plant organic matter accumulated at higher rates than microbial decomposition. As a consequence, North-Eastern Siberian permafrost soils store large quantities of organic carbon. Permafrost soils are highly sensitive to climate-induced changes in ground temperatures. To assess the future fate of this region, a better characterisation of permafrost deposits is thus necessary. Hence, our aim was to apply the relatively new ancient DNA-metabarcoding approach to reconstruct past local flora and answer the questions: (1) What is the origin of plant organic matter stored in old permafrost sediments? (2) What were the environmental conditions during the time of deposition?

Our study site was located at the Bour Khaya peninsula (North-Eastern Siberia) within the Late Pleistocene Ice Complex, where fine-grained, ice-rich permafrost deposits (Yedoma) can be found. Analyses were conducted on an 18.9 m long core, drilled from the top of a Yedoma hill (71.420° N, 132.111° E) during a joint Russian-German expedition in 2012. The core was divided into two segments by an ice-wedge, whereby the top of the core (0 – 3.3 m depth) included the transition from the Late Glacial to the Early Holocene and the part below the ice-wedge (8.35 – 18.9 m) was deposited more than 49 kyr BP, prior to the Last Glacial Maximum (LGM).

The metabarcoding approach detected a total of 113 terrestrial plant taxa, of which 80 percent are at least identified to genus level. In addition we detected 21 swamp and aquatic taxa. Our findings relating to the pre-LGM parts portray a high diversity among grasses, a rich herbaceous flora and high proportions of *Salix*. Aquatic taxa, among others high proportions of *Caltha*, *Stuckenia* and *Hippuris*, suggest the development of a polygon with a dynamic hydrological regime. After the LGM, taxonomic richness decreased strongly. Taxonomic composition changed towards tundra and was mainly characterized by a high proportion of *Betula* and *Salix* shrubs and only few grass and herbaceous taxa. Hydrophytes were not present and swamp taxa were mainly composed of sedges and *Equisetum*.

Poster section
Постерные доклады

THE CHANGE OF THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION OF ORGANIC MATTER OF SEDIMENTS OF PETROZAVODSK BAY OF LAKE ONEGO IN THE PROCESS OF EARLY DIAGENESIS

Belkina N.A.

Northern Water Problems Institute of Karelian Research Centre RUS

The report presents the quantitative and qualitative composition of the organic matter of the surface layer sediments in Petrozavodsk Bay of Lake Onego. Distribution C_{org} shows a sharp change of productivity processes in the bay ecosystem in 70-80-ies. The element composition of organic matter shows the stratification of the processes of transformation of organic sedimentary material in early diagenesis. The study was performed as part of the project «Lake Ladoga: life under ice. Interplay of under-ice processes by global change».

ИЗМЕНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО И КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В ПРОЦЕССЕ РАННЕГО ДИАГЕНЕЗА.

Белкина Н.А.

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Процессы минерализации органического вещества в донных отложениях Онежского озера, протекающие с участием живых организмов, определяются наличием в поверхностном слое осадка кислородного барьера. Поступающее в донные отложения органическое вещество имеет разный генезис и разную степень трансформации. Процесс гумификации продолжается и ниже редокс-барьера в восстановленной части осадка. Результатом окисления природных органических соединений на любой стадии является стохастическая смесь молекул полимеров, в которой ни одно из соединений не тождественно другому. Одной из важных характеристик природного органического вещества является элементный состав (C, N, H, O), описание вариаций которого позволяет судить о его качественном составе (Скопинцев, Гончарова 1987).

Объектом исследования являются донные отложения Петрозаводской губы Онежского озера. В марте 2015 г. с глубины 28 м пробоотборником “Limnos” был отобран поверхностный слой осадка мощностью 35 см. Колонка донных отложений делилась послойно, пробы паковались в пластиковые пакеты. На аналитической базе ИВПС КарНЦ РАН в осадках естественной влажности измерялось Eh (потенциометрический метод, Pt-электрод с добавкой медиатора Трилон-Б). В сухих осадках (после сушки при комнатной температуре) определялось химическое потребление кислорода (ХПК) (окисление грунта с $K_2Cr_2O_7$ в растворе H_2SO_4), потери при прокаливании (ППП) (гравиметрический метод, $T=105, 550\text{ }^{\circ}C$), азот органический (N_{org}) и фосфор (P_{tot}) (титриметрический и фотометрический методы после окисления донных отложений в H_2SO_4 по Кьельдалю). На аналитической базе Швейцарского федерального института водных наук и технологий (EAWAG) было проведено радиоизотопное датирование колонки (^{210}Pb) и определено общее содержание углерода (элементный анализатор EURO EA 3000) и неорганический углерод (UIC Inc. CM5015). По разнице общего и неорганического углерода был вычислен углерод органический (C_{org}).

Для расчета элементного состава органического вещества донных отложений использовали методологический подход, предложенный Бикбулатовым Э.С. (2009) и

основанный на решении системы уравнений окисления органического вещества в различных условиях. Расчет средней электрохимической валентности углерода (ЭВ) и степени окисленности (СО) и восстановленности (СВ) органического вещества проводился по данным элементного состава:

$$\text{ЭВ} = \frac{2d+3-b}{a}, \text{ СО} = 25\text{ЭВ}, \text{ СВ} = 100 - 2\text{СВ}, \text{ где } a, d, b - \text{индексы в формуле } C_aH_bO_dN.$$

Органическое вещество в исследованных донных отложениях составляет в среднем около 12%, среднее содержание органического углерода 3%. Распределение углерода по колонке носит неравномерный характер. Концентрационный профиль $C_{\text{орг}}$ можно разбить на участки (высокое содержание в поверхностном слое, минимум концентрации на глубине 8-9 см, среднее содержание в колонке ниже 9 см), которые с одной стороны отражают резкое изменение седиментационных процессов в заливе в 70-80-е годы, с другой стороны соответствуют определенными диагенетическими процессам преобразования осадочного вещества. Концентрационные градиенты углерода на поверхности (слой 0-0.3 см) донных отложений и в зоне редокс-барьера (слой 5-7см, изменение Eh от 530 до -50 мВ) сравнимы между собой и являются максимальными. Вероятно, что именно в этих слоях процесс минерализации органического вещества происходит наиболее интенсивно по сравнению с зоной обитания зообентоса (0-5 см). Градиент концентрации $C_{\text{орг}}$ в восстановленной части колонки (ниже 8 см) минимальный.

Содержание биогенных элементов в донных отложениях невелико (0.1-0.5% N и 0.1-0.3% P). Вертикальный профиль азота отличается неравномерным распределением, что возможно указывает на качественные характеристики органического вещества, поступающего из разных источников в донные отложения (речные воды, сточные воды, автохтонное органическое вещество, наземная растительность). Вертикальный профиль фосфора имеет максимум в зоне редокс-барьера.

Стратификация процессов трансформации органического вещества донных отложений по глубине залегания, выделенная по количественному составу органического вещества, проявляется и в его элементном составе. Результаты расчета элементного состава органического вещества донных отложений Петрозаводской губы, представленные в таблице, показывают, что в настоящее время в донные отложения Петрозаводской губы Онежского озера поступает достаточно окисленное трансформированное органическое вещество с преобладанием фульвовых кислот (СО от -17 до -9%). Восстановительные свойства органического вещества донных отложений медленно уменьшаются с глубиной.

Таблица. Элементный состав органического вещества, атомные отношения $H:C$, $O:C$, $C:N$ и средняя валентность углерода (ЭВ) донных отложений Петрозаводской губы Онежского озера.

Слой см	$C_{\text{орг}}$ %	ЭВ	СО ±100%	СВ %	С	О	Н	N	H:C	O:C	C:N	Формула
				%	% от ОВ							
0-1	5.2	-0.49	-12	56	32	59	7	2	2.41	1.35	15.48	$C_{15.5}(H_2O)_{17.2}O_{3.8}NH_3$
1-2	5.1	-0.70	-18	59	30	62	6	2	2.62	1.57	17.71	$C_{17.7}(H_2O)_{21.7}O_{6.2}NH_3$
2-3	5.0	-0.63	-16	58	33	59	6	2	2.21	1.34	17.95	$C_{17.9}(H_2O)_{18.4}O_{5.7}NH_3$
3-4	4.9	-0.66	-17	58	32	60	6	2	2.26	1.39	22.87	$C_{22.9}(H_2O)_{24.3}O_{7.6}NH_3$
4-5	4.8	-0.59	-15	57	32	60	6	2	2.37	1.41	22.40	$C_{22.4}(H_2O)_{25}O_{6.6}NH_3$
5-6	4.0	0.21	5	47	27	63	9	2	3.95	1.77	14.58	$C_{14.6}(H_2O)_{25.8}H_{1.5}NH_3$
6-7	3.2	0.69	17	41	25	63	10	2	4.74	1.91	12.44	$C_{12.4}(H_2O)_{23.7}H_{4.3}NH_3$
7-8	2.6	1.23	31	35	25	62	11	3	5.22	1.85	10.83	$C_{10.8}(H_2O)_{20.1}H_{6.7}NH_3$
8-9	1.5	3.55	89	6	21	58	15	7	8.60	2.12	3.68	$C_{3.7}(H_2O)_{7.8}H_{6.5}NH_3$
9-10	2.0	3.72	93	4	18	65	14	3	9.40	2.64	7.58	$C_{7.6}(H_2O)_{20}H_{14.1}NH_3$
10-11	2.8	0.04	1	50	27	61	8	4	3.70	1.66	8.97	$C_9(H_2O)_{14.9}H_{0.2}NH_3$

11-12	3.0	-0.23	-6	53	28	60	8	4	3.32	1.59	8.33	C _{8,3} (H ₂ O) _{12,3} O _{0,9} NH ₃
12-13	2.8	0.04	1	50	27	61	8	3	3.66	1.67	10.89	C _{10,9} (H ₂ O) _{18,2} H _{0,2} NH ₃
13-14	2.8	0.04	1	50	28	61	8	3	3.62	1.65	11.11	C _{11,1} (H ₂ O) _{18,4} H _{0,2} NH ₃
14-15	2.7	0.01	0	50	27	62	8	2	3.71	1.73	12.60	C _{12,6} (H ₂ O) _{21,8} H _{0,1} NH ₃
15-16	2.7	0.01	0	50	25	64	9	3	4.05	1.88	11.25	C _{11,3} (H ₂ O) _{21,2} H _{0,1} NH ₃
16-17	2.5	-0.03	-1	50	24	66	9	2	4.29	2.07	15.85	C _{15,9} (H ₂ O) _{32,5} O _{0,3} NH ₃
17-18	2.5	-0.03	-1	50	24	66	9	2	4.27	2.05	14.88	C _{14,9} (H ₂ O) _{30,3} O _{0,2} NH ₃
18-19	2.3	0.31	8	46	24	64	9	3	4.71	2.04	9.58	C _{9,6} (H ₂ O) _{19,6} H _{1,5} NH ₃
19-20	2.2	0.51	13	44	22	65	10	3	5.34	2.22	7.64	C _{7,6} (H ₂ O) _{16,9} H _{1,9} NH ₃
20-21	2.2	0.29	7	46	24	63	9	4	4.64	1.98	7.64	C _{7,6} (H ₂ O) _{15,1} H _{1,1} NH ₃
21-22	2.1	0.06	2	49	22	67	9	2	4.99	2.35	12.50	C _{12,5} (H ₂ O) _{29,4} H _{0,4} NH ₃
22-23	2.0	0.04	1	50	22	66	9	3	4.85	2.24	9.26	C _{9,3} (H ₂ O) _{20,8} H _{0,2} NH ₃
23-24	2.0	-0.20	-5	53	24	63	8	4	4.13	1.95	6.94	C _{6,9} (H ₂ O) _{12,8} O _{0,7} NH ₃
24-25	2.0	-0.20	-5	53	22	66	9	3	4.61	2.23	8.33	C _{8,3} (H ₂ O) _{17,7} O _{0,8} NH ₃
25-26	2.1	0.50	13	44	23	65	9	2	4.86	2.09	17.50	C _{17,5} (H ₂ O) _{36,7} H _{4,3} NH ₃
26-29	2.2	-0.13	-3	52	24	66	8	2	4.22	2.06	13.10	C _{13,1} (H ₂ O) _{26,1} O _{0,8} NH ₃

В поверхностном слое (0-5 см) основной процесс трансформации органического вещества направлен на минерализацию азотосодержащих соединений и увеличение доли кислорода (СО от -17 до -12%), что закономерно, поскольку процесс происходит в окислительной среде. Фульватный характер гумуса резко изменяется на гуминовый в области редокс-барьера. Степень окисленности органического вещества в этой зоне увеличивается с глубиной от 5 до 31%. Далее располагается слой с высоким содержанием песчаной фракции и минимальным содержанием органического вещества, степень окисленности которого составляет около 90%. Ниже 10 см степень окисленности близка к 0 (средние значение СО=1.5, СВ=49%), что соответствует нерастворимым гуминовым веществам, выполняющим аккумулятивную функцию в биосфере, то есть наиболее устойчивым к разложению молекулам природных биополимеров, способных сохраняться длительное время.

В заключении необходимо отметить то, что вопрос о формировании состава органического вещества озерных донных отложений в целом и Онежского озера в частности остается открытым. Результаты исследования не дают ответа на такие вопросы как: почему элементный состав органического вещества донных отложений Петрозаводской губы отличается более низким содержанием углерода по сравнению с данными о составе органического вещества природных вод и почв Карелии? Что является причиной резких изменений качественного состава органического вещества донных отложений в зоне редокс-барьера? Продолжение работ в этом направлении требует междисциплинарного подхода: исследований зообентоса и микробиологического сообщества донных отложений, более детального изучения качественного состава органического вещества и тд..

Исследование выполнено в рамках мультидисциплинарного российско-швейцарского проекта «Ладожское озеро: жизнь подо льдом. Взаимосвязанные подледные процессы под влиянием глобального потепления».

Список литературы

1. Бикбулатов Э.С. Биоэлементы и их трансформация в водных экосистемах. Рыбинск: изд.-во ОАО «Рыбинский дом печати», 2009. 290 с.
2. Скопинцев Б.А., Гончарова И.А. Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 95 с.

«CREATING A LAYOUT ATLAS MICROGRAPHS OF DIATOMS» (YAKUTIA ARCTIC LAKES)

Davydova P.V.¹, Pestryakova L.A.¹, Levina S.N.¹

¹Institute of Natural Sciences, North-Eastern Federal University named after M. Ammosov,
Yakutsk, Russia

«СОЗДАНИЕ МАКЕТА АТЛАСА МИКРОФОТОГРАФИЙ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ» (АРКТИЧЕСКИХ ОЗЕР ЯКУТИИ)

Давыдова П.В.¹, Пестрякова Л.А.¹, Левина С.Н.¹

¹Институт Естественных Наук, Северо-Восточного Федерального Университета им. М.К.
Аммосова, Якутск, Россия

В последнее время применение трансмиссионного и особенно сканирующего электронных микроскопов позволяют значительно расширить наши знания о морфологии панциря, их биологии и экологии. На основе этих данных в настоящее время уточняются ключевые вопросы диатомологии, и в частности происхождение и эволюция диатомей, таксономическое значение признаков, статус таксонов различных рангов. Все это должно значительно облегчить разработку принципов классификации и создание новой системы диатомовых. Именно поэтому данная работа является актуальной.

Целью работы является составление фрагмента макета атласа диатомовых водорослей некоторых полигональных водоемов Севера Якутии. Объектами исследования были выбраны диатомовые комплексы из полигональных водоемов ресурсного резервата Кыталык (бассейн р. Индигирка), окрестностей п. Походск (бассейн р. Колыма) и полуострова Фаддеевский (Новосибирские острова). Микроснимки диатомовых водорослей были сделаны из образцов поверхностного слоя отложений (0-2 см) водоемов полуострова Фаддеевский (FAD), Ресурсного резервата «Кыталык» в бассейне реки Индигирка (КЮТ) и окрестности п. Походск бассейна реки Колыма (РОК).

Микрофотографии отдельных таксон диатомей были получены с применением растрового электронного микроскопа Zeiss Gemini® Ультра плюс на базе Института им. Альфреда Вегенера - Центр полярных и морских исследований Гельмгольца (АВИ). На данный момент этот микроскоп является лучшим инструментом для просмотра препаратов и уточнения тонких структур створок диатомей. Идентификация и классификация видов диатомей нами проведена с использованием отечественных определителей, зарубежных сводок и систем. Всего было исследовано 92 микрофотографий, из которых выявлено 16 родов и 92 вида. Нами составлены 23 таблицы с пояснительными записками, которые в перспективе войдут в макет Атласа диатомовых водорослей водоемов Якутии. Пример таблиц из фрагмента Атласа приведен на рисунок. Пример таблицы по роду *Eunotia*: 1(КЮТ-1-10_12) - *Eunotia sudetica*, Otto Müller. Створка длиной 13,2 μm , шириной 4,2 μm , штрихов 18 в 10 μm . 2(КЮТ-1-3_10) - *Eunotia* sp. Створка длиной 10 μm , шириной 3,2 μm , штрихов 28 в 10 μm . 3(КЮТ-1-10_16) - *Eunotia* sp. Створка длиной 11 μm , шириной 2 μm , штрихов 27 в 10 μm . 5(КЮТ-1-10_13) - *Eunotia poludosa*, Grunow. Створка длиной 13 μm , шириной 2,5 μm , штрихов 25 в 10 μm . 6(КЮТ-1-10_18) - *Eunotia arculus*, Grunow. Створка длиной 21 μm , шириной 3,8 μm , штрихов 18 в 10 μm .

Таким образом, впервые для якутских водоемов был составлен макет регионального Атласа диатомовых водорослей с применением снимков сканирующего

электронного микроскопа с указанием таксономической принадлежности и места отбора образцов каждого вида диатомей.

Род *Eunotia*

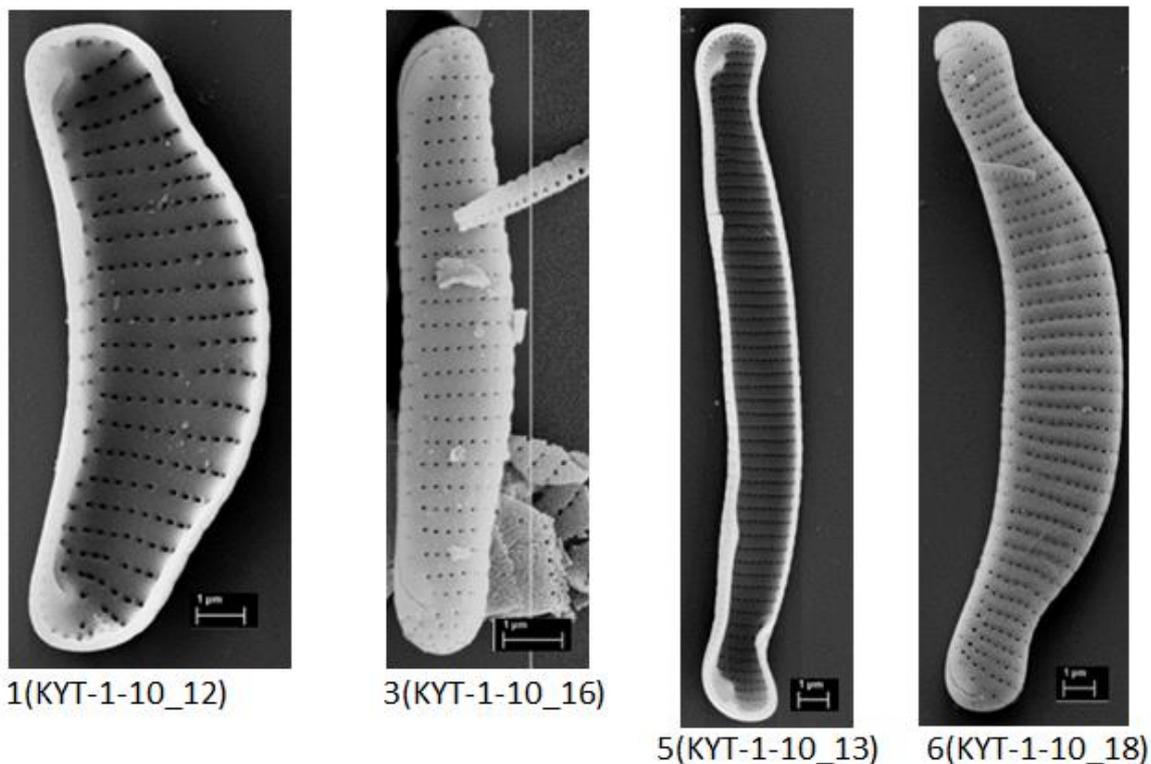


Рис.1. Пример таблицы из макета Атласа

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Министерства науки и образования РФ №5.184.2014/К и при частичной поддержке гранта РФФИ 15-45-05063 р_восток_a.

CLADOCERA OF LAKE SUTURUOKHA (INDIGIRKA RIVER BASIN, EASTERN SIBERIA) ACCORDING TO THE ANALYSIS OF SEDIMENTS AND CONTEMPORARY ZOOPLANKTON

Frolova L. A.¹, Nigamatsyanova G.R.¹, Gafiatullina L.I.¹, Pestryakova L.A.²

¹Kazan (Volga region) Federal University

²North-Eastern Federal University

The article presents the results of Cladocera studies of the Lake Suturuokha (Indigirka river basin, Sakha Republic (Yakutia)) in August 2015 in the superficial bottom sediments and in the composition of contemporary zooplankton community. The 13 taxa Cladocera remains and 11 species contemporary Cladocera were found. Families Bosminidae, Daphniidae and Chydoridae have determined the basis of species diversity in sediments and in zooplankton. According to the diversity index the studied lake was moderately polluted.

ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ ОЗЕРА СУТУРУОХА (БАССЕЙН РЕКИ ИНДИГИРКИ, ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ) ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И СОВРЕМЕННОГО ЗООПЛАНКТОНА

Л.А. Фролова¹, Г.Р. Нигаматзянова¹, Л.И. Гафиатуллина¹, Л.А. Пестрякова²

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет

² Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

В работе представлены результаты исследований ветвистоусых ракообразных озера Сутуруоха (бассейн реки Индигирки, республика Саха (Якутия)) в поверхностных донных отложениях и в составе современного зоопланктонного сообщества. Обнаружены остатки 13 таксонов, а также 11 видов кладоцера современного зоопланктона. Основу видового богатства составляли виды семейств *Bosminidae*, *Daphniidae* и *Chydoridae* как в донных отложениях, так и в составе современного зоопланктона. Исследованный водоем характеризуется согласно рассчитанным индексам видового разнообразия, как умеренно-загрязненный.

В августе 2015 г. в ходе российской палеолимнологической экспедиции «Индигирка-2015» были проведены палеоэкологические исследования одного из крупнейших озер Ленского бассейнового округа – озера Сутуруоха, расположенного на территории одноименного ресурсного резервата (координаты географического центра озера: 69°09' с.ш., 145°23' в.д.). Данный водный объект находится за Полярным кругом, отличается большими размерами (площадь водного зеркала – 67,9 км²) и богат ценными видами рыб.

Материалом работы стали образцы поверхностных донных отложений, отобранных при помощи стратифицированного дночерпателя, а также пробы современного зоопланктона, отобранные при помощи малой сети Апштейна (размер ячеи 100 мк). Обработка донных отложений на карцинологический анализ проводилась согласно методикам Frey (1986), Prazakova и Fott (1994), а также Korhola et al. (2001). Материал по современному зоопланктону был подвергнут анализу гидробиологических характеристик согласно общепринятым методикам (Жадин, 1960, Константинов, 1986).

В поверхностных донных отложениях нами обнаружено 13 видов кладоцера. Из них обилием в пробах отличились представители семейств *Bosminidae* и *Chydoridae*: *Bosmina (E.) coregoni* Baird, 1857, *Bosmina longirostris* Muller, 1776, *Chydorus sphaericus* Muller, 1785. Менее представлены такие таксоны, как: *Alonella exisa* Fischer, 1854, *Daphnia longispina* Muller, 1776. Остатки представителей *Alona quadrangularis* Muller, 1785, *Alona affinis* Leydig 1860 были малочисленными. Как редких видов можно отметить *Eurycercus glacialis* Lilljeborg 1887 и *A. guttata* (Sars, 1862). В целом сообщество ветвистоусых ракообразных поверхностных донных отложений можно охарактеризовать как относительно богатое.

В современном зоопланктоне выявлено всего 11 видов кладоцера из 5 семейств. Наиболее богато представлены из них *Daphniidae* и *Chydoridae* (по 4 вида). Максимальная частота встречаемости зафиксирована у рачка *Daphnia middendorffiana* Fischer, 1851. Менее обильными были *B. longirostris*, *Ch. sphaericus* и *A. guttata*. Виды *Acroperus harpae* (Baird, 1843) и *Bythotrephes crassicaudis* (Lilljeborg, 1890) имели наименьшее обилие.

На основе встречаемости остатков видов кладоцера рассчитан индекс Шеннона-Уивера (Shannon, 1949). Значение этого индекса варьировало от 1,17 до 1,82, составив в среднем $1,45 \pm 0,08$, что указывает на умеренно-загрязненное состояние вод озера. Для анализа выравненности видов в сообществе применялся индекс эквитабельности Пиелоу (Pielou, 1966). Его среднее значение $0,64 \pm 0,02$, что позволяет оценить данное сообщество рачков как относительно выравненное.

Индекс Шеннона-Уивера, рассчитанный на основе биомассы рачков современного зоопланктона, имел значения в среднем $1,88 \pm 0,15$ (min 0,96, max 2,8), что также относит воды озер к умеренно-загрязненным. Значение индекса Пиелоу в среднем составил

0,58±0,17, т.е. сообщество кладоцера современного зоопланктона относительно выравненное.

В структуре сообществ наибольшую численность имеют виды-обитатели литоральной зоны (38,5% в донных отложениях и 45,5% в современных пробах), что соответствует степени развития водоема незначительной глубины. Зоогеографическая принадлежность большинства встреченных видов свидетельствует о преобладании северной группы видов палеарктического (30,8% в донных отложениях и 49,5% в современном зоопланктоне) и космополитического распространения (30,8% в донных отложениях и 49,5% в современном зоопланктоне).

Таким образом, сообщество ветвистоусых рачков озера Сутуруоха как в прошлом, так и в настоящем, характеризуется как относительно разнообразное по видовому составу, со структурой близкой к равномерному распределению видов, преобладанием видов литоральной зоны по биотопическому предпочтению. Основу видового богатства составляют виды семейств Bosminidae, Daphniidae и Chydoridae.

Список литературы

1. Frey D.G. Cladocera analysis / In B.E. Berglund (ed.), Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. Wiley & sons, Great Britain, 1986. Pp. 667-701.
2. Prazakova M, Fott J. Zooplankton decline in the Cerne Lake (Sumava Mountains, Bohemia) as reflected in the stratification of cladoceran remains in the sediment // Hydrobiologia, 1994. 274, pp. 121 –126.
3. Korhola A., Rautio M. Cladocera and other branchiopod crustaceans // Tracking environmental change using lake sediments. 2001. Vol. 4: Zoological indicators, pp/ 5-41.
4. Жадин, В.И. Методы гидробиологического исследования. – М.: Высшая школа, 1960. – 191 с.
5. Константинов, А.С. Общая гидробиология: Учебное пособие для студентов спец. вуз. – М.: Вышш.шк., 1986. – 4-е изд., перераб. и доп. – 472 с.
6. Shannon C. The Mathematical Theory of Communication / Urbana: Univ. of Illinois Press, 1949. 117 p.
7. Pielou E.C. The measurement of diversity in different types of biological collections / J. Theor. Biol., 1966. V. 13. P. 131-144.
8. Czekanowski J. Coefficient of racial likeness and Durchschnittliche differenz // Anthrop. Anz., 1909. 9. Pp. 227-249.

CREATION OF THE DATABASE “DIATOM ASSEMBLAGES, MORPHOMETRICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF LAKES IN BASINS OF MAJOR RIVERS IN NORTHERN PART OF YAKUTIA”

Gorodnichev R.M.¹, Pestryakova L.A.¹, Ushnitskaya L.A.¹, Spiridonova I.M.¹, Yadrinkinskiy I.V.¹, Frolova L.A.².

¹North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

²Kazan (Volga region) Federal University

As a result of project № 5.1771.2014/K realization in 2015 we created a database “Diatom assemblages, morphometrical and hydrochemical parameters of lakes in basins of major rivers in Northern part of Yakutia”. This database includes information about diatoms and abiotic parameters of 83 lakes which are located on the territories of major Yakutia’s rivers (Anabar, Olenek, Lena, Indigirka and Kolyma). The database has a practice meaning as an information source of natural conditions of lakes.

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ «ДИАТОМОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ, МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЗЕР БАССЕЙНОВ КРУПНЫХ РЕК СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЯКУТИИ»

Городничев Р.М.¹, Пестрякова Л.А.¹, Ушницкая Л.А.¹, Спиридонова И.М.¹, Ядрихинский И.В.¹, Фролова Л.А.²

¹Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

²Казанский (Приволжский) федеральный университет

Для реализации современных исследований объектов и явлений окружающей среды необходим обобщенный свод сведений об их характеристиках. Удобным способом организации такого рода данных являются базы данных. В результате реализации проекта № 5.1771.2014/К в 2015 году создана и зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности база данных «Диатомовые водоросли, морфометрические и гидрохимические параметры озер бассейнов крупных рек северной части Якутии» (№ свидетельства 2015620921, дата регистрации 17 июня 2015 г.). Авторами БД являются Пестрякова Л.А., Городничев Р.М., Ушницкая Л.А., Спиридонова И.М., Ядрихинский И.В., Фролова Л.А. Правообладатель - Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова».

База данных содержит сведения о диатомовых водорослях, морфометрических и гидрохимических параметров 83 озер, расположенных в бассейнах таких крупных северных рек Якутии, как Анабар, Оленек, Лена, Индигирка и Колыма. Целью создания является структуризация, объединение и систематизация сведений о местоположении, происхождении, морфометрических, гидрохимических параметрах и диатомовых комплексах озер (водоемов) северной части Якутии. Все объекты (озера) расположены в пределах зон арктической, типичной, южной тундры, лесотундры и северной тайги, а также внутри областей высотной поясности, приуроченных к складчатым районам.

Водные объекты в количественном отношении внутри исследуемых водосборов размещены следующим образом: 42 – водосбор р. Анабар; 8 – р. Оленек; 18 – р. Лена; 12 – р. Индигирка; 3 – р. Колыма.

База данных представлена рядом взаимосвязанных таблиц. В первом столбце указаны номера водных объектов, в последующих соответствующие каждому водоему характеристики местоположения, морфометрические и гидрохимические данные, название доминирующих таксонов каждого водного объекта, а также индексы, характеризующие разнообразие и видовой состав диатомовых водорослей, количества обнаруженных в водных объектах диатомовых, принадлежащих к различным экологическим группам по местообитанию в водоеме, по отношению к солености, водородному показателю и географической распространенности.

Практическая значимость базы данных заключается в возможности информационного обеспечения заинтересованных субъектов при проведении хозяйственно-экономического освоения данных труднодоступных и перспективных природных территорий. Данные могут выступать в качестве основы для фонового мониторинга экологического состояния окружающей среды и водных объектов. Структурированная информация о большом количестве пространственно распределенных параметров может быть использована в качестве основы для проведения научных исследований с использованием статистических методов многофакторного (многопараметрического) анализов.

CREATION OF PALEOLIMNOLOGICAL DATABASE „PALEOONEGO”

Gurbich V.A., Potakhin M.S., Belkina N.A., Subetto D.A.
Institute of the North industrial environmental problems, Kola Science Center, RAS

РАЗРАБОТКА ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ PALEOONEGO

Гурбич В.А., Потахин М.С., Белкина Н.А., Субетто Д.А.
Институт Водных Проблем Севера КарНЦ РАН

В пределах России на территории Республики Карелия, Ленинградской и Вологодской областей расположено второе по величине пресноводное озеро Европы – Онежское. Площадь зеркала озера составляет 9720 км², из которых 250 км² приходится на 1500 островов. Протяженность озера с севера на юг - 248 км, с запада на восток - 96 км. [1]. Котловина Онежского озера, расположенная в глубокой тектонической депрессии на границе Фенноскандинавского кристаллического щита и палеозойских осадочных пород Русской плиты на протяжении всех плейстоценовых скандинавских оледенений была вместилищем активных ледниковых потоков, а в межледниковые периоды – морских и пресноводных водоемов. Ледниковые и межледниковые, континентальные и морские образования раннего, среднего и позднего плейстоцена вскрыты скважинами под мореной последнего оледенения в депрессиях коренных пород вдоль западного и южного побережий Онежского озера, на Онежско-Ладожском перешейке и в юго-восточном Прионежье [5]. Максимальная мощность четвертичных отложений достигает здесь 130-150 м, хотя в среднем мощность четвертичного покрова в рассматриваемом регионе составляет 7-10 м в его северной части и 10-20 м - в южной.

В ходе последнего поздневалдайского скандинавского оледенения весь водосборный бассейн Онежского озера перекрывался мощным движущимся материковым льдом, в значительной степени переработавшим подстилающие горные породы и сформировавшим обширные ледниковые равнины, сложенные моренами – валунными супесями, песками, реже суглинками. Ледниковые отложения наиболее широко распространены на рассматриваемой территории, и их мощность колеблется от 1 до 10 метров [2]. Донные отложения представлены озерно-ледниковыми ленточными глинами позднеледниковья, перекрытыми озерными алевритами и илами голоцена. Ленточные глины мощностью до 8 м формировались в приледниковом водоеме и обычно залегают на морене последнего поздневалдайского оледенения на большей части дна озерной котловины, а также в пределах прилегающих низменностей до абсолютных высот 80-90 м. Глины обычно серого или коричневого цвета, встречаются розовые и почти черные. Мощность годичных слоев - варв, отражающая скорость осадконакопления, изменяется от первых сантиметров в основании толщи до первых миллиметров в ее кровле. На основании палеонтологических и геохронологических исследований в ленточных глинах выделяются слои, относимые к беллингу, среднему дриасу, аллерёду и молодому дриасу, формировавшиеся в интервале 14 200-12 900 календарных лет назад. В начале молодого дриаса, после отступления края ледника из водосборного бассейна Онежского озера, в водоеме началось отложение гомогенных алевритов, а во время атлантического периода - климатического оптимума голоцена около 9-6 тысяч лет назад - началось осажение илов. На протяжении позднеледниковья и голоцена уровень Онежского озера неоднократно изменялся при общей тенденции к снижению. Наиболее крупные падения уровня озера вызывали окисление донных отложений, формирование коричневатых прослоев глин и алевритов, а также врезание рек и, как следствие, привнос песчаных частиц в водоем и формирование слоев песчаных отложений [4,6].

Исследование десятков озер в районах, близлежащих Онежскому озеру, свидетельствует о начале их формирования в голоцене, после таяния мощных массивов погребенного льда. Данные были получены из кернов донных осадков небольших озер, располагающихся в аналогичных геолого-геоморфологических условиях. Реконструкция изменений природной среды позднеледниковья и раннего голоцена является актуальным вопросом изучения четвертичного периода и требует множества данных из разнообразных источников.

Для изучения донных отложений исследуемых водных объектов, систематизации данных и создания картографических материалов была создана база палеогеографических данных «PaleoOnego». Информационной основой являются данные по изученным в лимнологическом отношении водным объектам. Основными источниками такой информации являются четвертичные отложения: донные осадки озер, торфяные залежи. Особое внимание уделено материалам, имеющим детальное описание разреза. Создавая базу данных, необходимо упорядочить информацию по различным признакам для того, чтобы потом извлекать из нее необходимые нам данные в любом сочетании. Сделать это возможно, только если данные структурированы. Структурирование - это набор соглашений о способах представления данных. С целью обработки, систематизации и структурирования информации, необходимой для реконструкции развития Онежского озера в период позднеледниковья — раннего голоцена, была создана база данных «PaleoOnego». Она обобщает сведения по колонкам донных отложений Онежского озера и водоемов, расположенных в пределах и непосредственной близости границ максимальной стадии развития ОПО.

Данные содержат не только формализованную информацию, хранящуюся в любых других базах данных, и предоставляемую по запросам, но и большое количество информации об озерах (название, географические координаты, основные морфометрические характеристики) и образцах донных отложений: глубина отбора, тип отложений и их мощность, виды анализов (литологический, диатомовый, геохимический, спорово-пыльцевой и др.), виды датирования (радиоуглеродный, AMS-спектрометрия и др.). База создана в формате MS Excel, что удобно для дальнейшей обработки данных и отображения в различных ГИС-оболочках. Для наполнения базы использованы данные из следующих работ: И. Н. Демидова [2,3,4], Н. Б. Лавровой [6,7], Т. С. Шелеховой [7,8] и др.

База палеогеографических данных «PaleoOnego» представляет собой открытую структуру для хранения данных по региону исследования и управления ими. К ней прилагаются литературные источники в формате *.pdf или *.djvu. Может применяться при лимнологических и палеогеографических исследованиях Онежского озера. База данных обеспечивает структурированное хранение, статистическую обработку, графическое представление данных, разработку сценариев развития палеоэкологической ситуации, реконструкцию палеогеографических условий окружающей среды в голоцене, создание региональных временных геохронологических шкал. По содержащимся в базе данным можно воссоздать динамику возникновения органических четвертичных отложений Онежского озера начиная с позднеледниковья. Создаваемая база данных позволяет осуществлять поиск и обработку информации по озерам Карелии и предоставляет возможность для проведения сравнительного межрегионального анализа данных содержащихся в других базах данных.

Пополнение информации будет происходить по мере обобщения данных по водным объектам. Планируется, что дополнение базы данных информацией, носящей не только обще-описательный характер, но и содержащей научные обобщения и результаты актуальных расчетов, которые невозможно получить где-либо еще, должны привлечь к «PaleoOnego» большее внимание. В этом случае возникновение «обратной связи», когда заинтересованные пользователи могут формулировать пожелания и даже претензии, поможет значительно продвинуться на пути создания информационного ресурса. В

настоящее время в результате анализа литературных и архивных материалов в базе данных обобщены сведения о 50 разрезах донных отложений водоемов. Еще по 10 озерам информация была получена в ходе проведения экспедиционных работ по гранту РФФ (Рис. 1).



Рис. 1. Географическое положение колонок донных отложений озер вошедших в базу данных «PaleoOnego»

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00766).

Список литературы

1. Онежское озеро. Атлас. / Отв. ред. Н.Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 151 с.

2. Демидов И. Н. Развитие оледенения и формирование четвертичных отложений на Заонежском полуострове // Кижский вестник. № 2. Петрозаводск, 1993а. С. 13–23.
3. Демидов И. Н. Строение ленточных глин и особенности дегляциации Центральной Карелии // Вопросы геологии докембрия Карелии. Петрозаводск, 1993. С. 127–151.
4. Демидов И. Н. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск, 2004. С. 207–218.
5. Квасов Д. Д. Происхождение котловины Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 7–40.
6. Лаврова Н.Б. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134-142.
7. Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б. Донные отложения озер Карелии: палеоэкологические и палеоклиматические реконструкции // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 204-212.
8. Шелехова Т.С. История развития озера Пертозера в Южном Прионежье (по данным диатомового анализа) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 10. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 207-212.

INVESTIGATIONS OF FOSSILIZED ORGANISMS FROM MODERN SEDIMENTS OF HIGH-LATITUDE WATER BODIES OF BERINGIA (NEW SIBERIAN ISLANDS, RUSSIA AND BATHURST ISLAND, NUNAVUT, CANADA) FOR IDENTIFYING THE LEADING ENVIRONMENTAL FACTORS

Palagushkina O.V.¹, Nazarova L.B.², Syrykh L. S.³, Wetterich S.⁴, Schirrmeister L.⁴,
Abnizova A.⁵

¹Kazan Federal University

²Potsdam University

³The Herzen State Pedagogical University of Russia Sciences

⁴Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

⁵Université York

The High Arctic is a critical area for environmental and climatic research, as the effects of hemispheric temperature trends exacerbated in this region and they are slow to recover from environmental impacts. Physical, chemical and biological information from High Arctic lakes and shallow ponds provides a means to monitor environmental change in this region. However, arctic environments are difficult to monitor on a frequent basis due to financial and logistical constraints and relatively little ecological baseline data exist for many areas of the High Arctic. Many studies show that diatoms and chironomids are well preserved in sediments and can be used as biological indicators for estimation past environmental and climatic conditions and for quantifying past changes in air temperature or lake chemistry in Quaternary and especially in Holocene. The main goal of this research was multi-proxy circumpolar investigation of the modern sediments of high-latitude water bodies of New Siberian Islands, Russia and Bathurst Island, Nunavut, Canada with special emphasis to specific ecological conditions and their influence on diatom flora and chironomid fauna.

ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНИЗМОВ СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЫСОКОШИРОТНЫХ ВОДОЕМОВ БЕРИНГИИ (НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА, РОССИЯ И ОСТРОВ БАТЕРСТ, НУНАВУТ, КАНАДА) ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЕДУЩИХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Палагушкина О.В.¹, Назарова Л.Б.², Сырых Л.С.³, Веттерих С.⁴,
Ширрмайстер Л.⁴, Абнизова А.⁵

1. Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань, Россия
2. Потсдамский университет, г.Потсдам, Германия
3. Педагогический университет им.Герцена, г.Санкт-Петербург, Россия
4. Институт полярных и морских исследований Альфреда Вегенера, г.Потсдам, Германия
5. Йоркский университет, г.Торонто, Канада

Высокоширотная Арктика является важной областью для экологических и климатических исследований, так как эффект от изменения температурных трендов в полушарии наиболее заметен в этом регионе. Арктические территории особенно уязвимы к изменениям окружающей среды, так как очень медленно восстанавливаются от оказанного на них воздействия (Overpeck et al., 1997). Информация о физических, химических и биологических показателях высокоширотных водоемов обеспечивает средство для мониторинга изменений окружающей среды в этом регионе. Тем не менее, высокоширотные водные объекты трудно контролировать регулярно из-за технических, финансовых и организационных ограничений в силу удаленности объектов исследования и, как следствие, существует относительно мало исходных данных о экологическом состоянии высокоширотных водных экосистем Арктики (Douglas and Smol, 1994; Wetterich et al. 2012).

Многие исследования показывают, что диатомовые водоросли и хирономиды хорошо сохраняются в донных отложениях арктических водных экосистем и могут быть использованы в качестве биологических индикаторов для качественной и количественной оценки экологических и климатических условий прошлого, в частности, изменений температуры воздуха в регионе в четвертичное время голоценового периода.

Основной целью данного исследования было изучение диатомовых и хирономид современных донных отложений высокоширотных водоемов Новосибирских островов, России и острова Батерст, Нунавут, Канада с особым акцентом на конкретные экологические условия, сложившиеся в водных экосистемах, и их влияние на формирование флоры и фауны.

Исследования водоемов Новосибирских островов проводились в летний период 2007 на 15-ти водоемах в южной части острова Большой Ляховский (73°N, 141°E) и на 2-х водоемах Земли Бунге (74 °N, 142°E). Исследования восточной части Берингии осуществлялись в 2008 и 2010 гг. на 25 водоемах центральной части острова Батерст (75°N, 98°W). Из каждого водоема были отобраны пробы воды и поверхностного слоя донных отложений, представленных илистым или песчаным материалом с большей или меньшей долей растительного детрита. Отбор и обработка всех проб велась по стандартным методикам (Battarbee, 1986, Renberg, 1990, Cameron et al., 1999, Brooks and Birks, 2000).

Исследованные водоемы были, в основном, с небольшими площадями (до 1 га) и глубинами (0,1 - 1 метр), с водой низкой электропроводности (48-258 мкСм / см) и нейтрально-слабо щелочной реакцией воды. Химический анализ определил тип воды в большинстве водоемов Новосибирских островов как гидрокарбонатно-хлоридный с преобладанием катионов магния, а в большинстве водоемов острова Батерст как сульфатно-хлоридный с преобладанием катионов кальция. Сравнение основных климатических параметров исследованных территорий показывает большую суровость территории Новосибирских островов (табл.1, Rivas-Martínez, 1996-2004).

Исследования диатомовых современных донных отложений Новосибирских островов позволили выявить 116 видов (Остров Большой Ляховский - 87, Земля Бунге - 49), а водоемов острова Батерст - 112 видов. В видовом составе водорослей отмечалось преобладание бентосных, алкалифильных, космополитных, индифферентных к

солености воды видов, предпочитающих текучие воды. Коэффициент сходства видового состава диатомовых из двух частей Берингии был низким – всего 34%.

Таблица 1

Основные климатические параметры исследованных территорий

Данные за период 1982-2007 гг	Остров Батерст	Остров Большой Ляховский
Средняя июльская температура воздуха (°С)	6,60	3,10
Средняя минимальная летняя температура воздуха (°С)	-4,98	-2,23
Освещенность (% , часы), июнь	28	31
Среднее количество осадков (мм / месяц), июнь	24,88	14,18
Средняя скорость ветра летом (м / с)	4,00	3,90

Для выявления ведущих факторов окружающей среды, оказывающих влияние на видовой состав диатомовых были использованы программы CANOCO и Statistica. Статистические исследования показали, что для водоемов двух частей Берингии главными абиотическими показателями являются рН, электропроводность воды и глубина водоема.

Исследования хирономид Берингии позволили выявить 78 видов, из них 67 – в современных донных отложениях водоемов Новосибирских островов (Остров Большой Ляховский - 65, Земля Бунге – 8) и 32 – в донных отложениях водоемов Острова Батерст с высоким коэффициентом сходства видового состава – 81%. Хирономидная фауна исследованных водоемов была представлена холодолюбивыми стенотермными литоральными олиготрофными таксонами, предпочитающими жить среди водной растительности. Также было найдено несколько полуназемных таксонов, живущих в прибрежной зоне с повышенным увлажнением, что свойственно для водоемов с нестабильным уровнем воды.

Канонический анализ показал, что основными абиотическими факторами, влияющими на распространение хирономид в высокоширотной Арктике, являются июльская температура воздуха, глубина водоема, а также электропроводность и рН воды.

Таким образом, исследования диатомовых современных донных отложений двух частей Берингии показали высокое видовое богатство исследуемых территорий с низкой степенью сходства и преобладанием бентосных, алкалифильных, космополитных, индифферентных к солености воды видов проточных вод.

Исследования хирономид показали большее видовое богатство в водоемах Новосибирских островов и высокий уровень сходства видового состава хирономидной фауны двух частей Берингии. Общим является преобладание в видовом составе холодолюбивых стенотермных литоральных олиготрофных таксонов, предпочитающих жить среди макрофитов. Ведущими экологическими факторами, оказывающими влияние как на флору диатомовых, так и на фауну хирономид, можно назвать рН и электропроводность воды, глубину водоема. Фактором, оказывающим влияние только на формирование видового состава хирономид, оказалась июльская температура воздуха. Представленные исследования проводились при поддержке гранта ОШЛ- 15-17.

Список литературы

1. Battarbee, R. W.: 1986, 'Diatom Analysis', in B. E. Berglund (ed.), Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, Wiley & Sons, Chichester, pp. 527–570.

2. Brooks, Stephen J. and Birks, H. J. B. 2000 Chironomid-inferred Late-glacial air temperatures at Whitrig Bog, Southeast Scotland *Journal of Quaternary Science* Volume 15, Issue 8, pages 759–764
3. Cameron, N.G., Birks, H.J.B., Jones, V.J., Berge, F., Catalan, J., Flower, R.J., Garcia, J., Kawecka, B. Koinig, K. A., Marchetto, A., Sanchez-Castillo, P., Schmidt, R., Sisko, M., Solovieva, N., Stefkova, E. and Valasquez, T.: 1999, 'Surface-sediment and Epilithic Diatom Calibration Set for Remote European Mountain Lakes (AL:PE Project) and Their Comparison with the Surface Waters Acidification Programme (SWAP) Calibration Set', *J. Paleolimnol.* 22, 291–317
4. Douglas, M. S. V. and J. P. Smol, 1994: Limnology of high arctic ponds (Cape Herschel, Ellesmere Island, N.W.T.). – *Arch. Hydrobiol.* 131: 401–434.
5. Overpeck, J., Hughen, K., Hardy, D., Bradley, R., Case, R., Douglas, M., Finney, B., Gaewski, K., Jacoby, G., Jennings, A., Lamoureux, S., Lasca, A., MacDonald, G., Moore, J., Retelle, M., Smith, S., Wolfe, A. and Zielinski, G.: 1997, 'Arctic environmental change of the last four centuries', *Science* 278, 1251–1256.
6. Renberg, I.: 1990, 'A procedure for preparing large sets of diatom slides from sediment cores', *J. Paleolimnol.* 4, 87–90.
7. Rivas-Martínez, S., 1996-2004. Climate diagrams, Worldwide; Bioclimatic Classification System. Phytosociological Research Center, Spain. Online database, <http://www.globalbioclimatics.org/plot/ru-mys-s.htm>
8. Wetterich S, Grosse G, Schirrmeister L, Andreev AA, Bobrov A (2012) Late Quaternary environmental and landscape dynamics revealed from a pingo profile on Seward Peninsula, Alaska. *Quat Sci Rev* 39: 26-44

Научное издание

**Палеолимнология Северной Евразии.
Опыт, методология, современное состояние**

Труды международной конференции

На русском и английском языках

Печатается в авторской редакции

Оформление оригинал-макета и дизайн обложки: *С.Н.Левина, Р.М.Городничев*

Подписано в печать 15.08.16. Формат 60x84/8.

Печ.л. 22,25. Тираж 100 экз. Заказ № 158.

Издательский дом Северо-Восточного федерального университета,
677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии Издательского дома СВФУ