

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН



Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии ГЕОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

Tom I



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН

ГЕОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии

Москва, 18-22 ноября 2019 г.

Tom I

GEOLOGY OF SEAS AND OCEANS

Proceedings of XXIII International Conference on Marine Geology

Moscow, November 18–22, 2019

Volume I

Mocква / Moscow ИО РАН / IO RAS 2019 ББК 26.221 Г35 УДК 551.35

DOI:10.29006/978-5-9901449-0-3.ICMG-2019-1

Геология морей и океанов: Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. I. – М.: ИО РАН, 2019. – 247 с. DOI:10.29006/978-5-9901449-0-3.ICMG-2019-1.

В настоящем издании представлены доклады морских геологов, геофизиков, геохимиков и других специалистов на XXIII Международной научной конференции (Школе) по морской геологии, опубликованные в пяти томах.

В томе I рассмотрены проблемы палеоокеанологии, палеоэкологии, биостратиграфии, перекрестной корреляции отложений.

Материалы опубликованы при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 19-05-20102.

Ответственный редактор Академик А.П. Лисицын Редакторы к.г.-м.н. Н.В. Политова, к.г.-м.н. В.П. Шевченко

Geology of seas and oceans: Proceedings of XXIII International Conference on Marine Geology. Vol. I. – Moscow: IO RAS, 2019. – 247 pp., doi:10.29006/978-5-9901449-0-3.ICMG-2019-1.

The reports of marine geologists, geophysics, geochemists and other specialists of marine science at XXIII International Conference on Marine Geology in Moscow are published in five volumes.

Volume I includes reports devoted to the problems of paleooceanology, paleoecology, biostratigraphy, cross correlation of deposits.

Chief Editor Academician A.P. Lisitzin Editors Dr. N.V. Politova, Dr. V.P. Shevchenko

ISBN 978-5-9901449-0-3 ББК 26.221

© ИО РАН 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Школа по морской геологии в цифрах и фактах	13
Палеоокеанология, палеоэкология, биостратиграфия,	
перекрестная корреляция морских и сухопутных отложений	
Агафонова Е.А., Полякова Е.И., Новичкова Е.А. Палеоокеанологические события поздне- и послеледниковья в Двинском заливе Белого моря по данным диатомового анализа	19
<i>Бараш М.С.</i> Когерентность причин великих биотических катастроф фанерозоя	24
Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф., Сорокин В.М., Янина Т.А. Стратиграфия верхнечетвертичных отложений участка Таманского шельфа	29
Вишневская В.С. Верхнемеловые радиоляриевые биостратоны России и их корреляция	34
Вологина Е.Г., Кулагина Н.В., Астахов А.С., Колесник А.Н., Босин А.А. Некоторые результаты исследования поверхностных донных отложений южной части Чукотского моря	39
Гаврилов Ю.О., Щербинина Е.А., Щепетова Е.В., Голованова О.В., Покровский Б.Г. Динамика развития биосферного пограничного мел-палеогенового события в различных осадочных бассейнах СВ Перитетиса: биота, геохимические и тектонические аспекты	42
Гладенков А.Ю. Находки наиболее представительных комплексов морских олигоценовых диатомей в разрезах Камчатки	47
Гладенков Ю.Б. Геологические формации кайнозоя в активной переходной зоне Северо-Западной Пацифики (опыт их детального стратиграфического расчленения и расшифровка палеогеографических сценариев)	52
Голованова О.В. Характер и обстановки обогащения кремнистым веществом отложений нижнего эоцена Центрального Предкавказья (разрез р. Хеу)	55

Голубова Н.В., Рубан Д.А., Зорина С.О. Позднемэотическое осадконакопление в Танаисском палеозаливе Восточного	
Паратетиса: нерешенные вопросы	60
Григорьев В.А., Максимов Ф.Е., Левченко С.Б., Зарецкая Н.Е., Корсакова О.П. К вопросу о надежности радиоизотопного датирования раковин морских моллюсков из трансгрессивных отложений Кольского полуострова	64
Гришкевич В.Ф., Лагутина С.В., Панина Е.В., Долматова С.С. Общая структура неокомского морского осадконакопления в Западно-Сибирском бассейне	69
Дарьин А.В., Новиков В.С., Chu Guoqiang Варвохронология современных осадков приледникового озера Кучерлинское (Алтай)	74
Дарьин А.В., Рогозин Д.Ю., Калугин И.А., Бабич В.В., Маркович Т.И., Дарьин Ф.А., Ракшун Я.В. Микроаналитические исследования замороженных образцов современных донных осадков оз. Шира	79
Деркачев А.Н., Горбаренко С.А., Пономарева В.В., Портнягин М.В. К вопросу разработки обобщенной тефростратиграфической шкалы четвертичных отложений северо-западной части Тихого океана и сопредельных морей	84
Дорохова Е.В., Овсепян Е.А., Мурдмаа И.О. Осадконакопление и придонные течения в районе плато Сан-Паулу (Юго-Западная Атлантика) в течение последних 167 тыс. лет	90
Зенина М.А. Фауна остракод четвертичных отложений северовосточного шельфа Черного моря	94
Зорина С.О., Рубан Д.А. Новые данные о геохимических особенностях глубоководных юрских отложений Западного Кавказа	97
Иванова Е.В., Борисов Д.Г., Дмитренко О.Б., Мурдмаа И.О. Комплексное стратиграфическое расчленение плиоценчетвертичных отложений и распространение перерывов на	
контуритовом дрифте Иоффе в юго-западной Атлантике	101

Клювиткина Т.С., Полякова Е.И. Изменения природной среды на континентальном склоне моря Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене по данным анализа водных палиноморф	103
Копаевич $Л.\Phi$. Морфология раковин планктонных фораминифер как отражение обстановок дефицита кислорода (Океанские бескислородные события)	108
Кругликова С.Б. Таксоны высокого ранга радиолярий как новый методологический подход в биоиндикации условий среды	113
<i>Певитан М.А., Гельви Т.Н., Домарацкая Л.Г.</i> Плейстоценовые отложения подводной окраины Анд	117
Певитан М.А., Гельви Т.Н., Домарацкая Л.Г. Фациальная структура и количественные параметры плейстоценовых отложений индоокеанской окраины Австралии	122
Левитан М.А., Домарацкая Л.Г., Кольцова А.В., Сыромятников К.В. Плейстоценовые отложения подводной окраины Юго-Западной Африки	127
Матуль А.Г., Казарина Г.Х. Северотихоокеанский эндемик диатомея Neodenticula seminae в современных североатлантических и голоценовых арктических осадках	132
Мурдмаа И.О. Перерывы (hiatuses) в разрезах глубоководных отложений: вырванные придонными течениями страницы геологической летописи	136
Немченко Н.В., Борисов Д.Г., Мурдмаа И.О., Симагин Н.В. Средне- позднечетвертичная седиментация на севере Аргентинской котловины (Южная Атлантика)	140
Никонов А.А. Кольцевая каменная кладка на дне Ладожского озера как палеогеографический и археосейсмический маркер	144
$Hиконов \ A.A.$ Моретрясения и цунами во внутренних бассейнах РФ и их отражение в разрезах донных осадков	149
Овсепян Е.А., Дорохова Е.В., Иванова Е.В., Мурдмаа И.О., Борисов Д.Г., Немченко Н.В. Палеоциркуляция и особенности осадконакопления в районе плато Сан-Паулу (Юго-Западная	
Атлантика) в течение двух последних климатических циклов	154

Овсепян Я.С., Аверкина Н.О., Талденкова Е.Е. Роль бентосных фораминифер вида Cassidulina neoteretis в реконструкции позднеплейстоцен-голоценовой истории распространения атлантических вод в Арктике	158
Палечек Т.Н. Позднемеловые радиолярии Олюторского и Алганского террейнов Корякского нагорья	162
Полякова Е.И., Лисицын А.П. Роль кремнистых микроорганизмов в осадкообразовании в высоких широтах северного и южного полушариев	165
Прушковская И.А., Цой И.Б., Аксентов К.И. Влияние катастрофических природных событий на накопление диатомей в осадках Амурского залива (Японское море) за последние тысячелетия	170
Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Лебедев И.И., Горбунов А.О., Арсланов Х.А., Харламов А.А. Запись палеоцунами в отложениях береговых озер, юг Дальнего Востока	175
Русаков В.Ю., Талденкова Е.Е., Кузьмина Т.Г., Ромашова Т.В. Короткопериодные изменения природной среды и стадии осадконакопления в заливе Ога (архипелаг Новая Земля) за последнее тысячелетие	180
Рыбалко А.Е., Токарев М.Ю., Субетто Д.А., Корост Д.В, Страховенко В.Д., Кузнецов В.Ю., Савельева Л.А., Кискина А.Р., Белкина Н.А., Беляев П.Ю., Алешин М.И., Костромина Н.А. Опыт комплексного восстановления палеолимнологических условий с помощью геолого-геофизических методов в Онежском озере (Петрозаводская губа)	185
Сергиенко Л.А., Дьячкова Т.Ю. Определение рисков нарушений стабильного существования прибрежных экосистем Голарктических морей	190
Сергиенко Л.А., Мосеев Д.С., Зорина А.А., Дьячкова Т.Ю. Использование биологических параметров сосудистых растений для разработки технологии оценки уязвимости берегов	
высокоширотных арктических территорий	195

Симагин Н.В., Мурдмаа И.О., Иванова Е.В., Гинзбург К.А., Мутовкин А.Д. Осадконакопление в каньонах на континентальной окраине Аргентинской Патагонии	200
Соколова Е.А. Позднекампанское похолодание в Мексикано – Карибском регионе (по данным фораминиферового анализа)	203
Сорокин В.М., Лукша В.Л., Янина Т.А. Сравнительное позднечетвертичное осадконакопление на платформенных окраинах Восточного Средиземноморья и Черного моря	208
Стрелецкая И.Д., Ванштейн Б.Г., Васильев А.А., Облогов Г.Е. Особенности накопления и промерзания отложений в переходной зоне суша-море (Западная Арктика)	213
Чепалыга А.Л., Садчикова Т.А. Геологическое строение, литология VIII черноморской террасы (Крым, Судак) и реконструкция условий обитания древнего человека (эоплейстоцен)	218
Чеховская М.П., Новичкова Е.А., Кравчишина М.Д., Тихонова А.В. Палеоокеанологические изменения в глубоководной части Лофотенского бассейна в послеледниковое время	223
Чечко В.А., Топчая В.Ю. Литология донных осадков и эволюция обстановок осадконакопления Вислинскго залива Балтийского моря в позднеголоценовое время	228
Шайхутдинова К.В., Стародымова Д.П., Кравчишина М.Д. Литогеохимические особенности донных отложений хребта Мона (субполярная Атлантика)	231
Щепетова Е.В., Рогов М.А., Ипполитов А.П., Сельцер В.Б., Мироненко А.А., Покровский Б.Г., Bhawanisingh G. Desai. Аптский аноксидный бассейн Русской плиты: обстановки седиментации, сообщества головоногих моллюсков, изотопия углерода и кислорода как отражение влияния флювиально-дельтовых	
процессов Якимова К.С., Козина Н.В., Новигатский А.Н. Тефра в Северной	236
Атлантике: результаты экспедиционных исследований ИО РАН и перспективы изучения	241
Pedentchouk N., Belt S.T., Smik L., Mock T. The effect of light intensity on H-isotope composition of highly branched isoprenoids (HBIs) in marine diatoms: Implications for investigating sea ice dynamics in the	
past	245

CONTENTS

School of Marine Geology: Figures and Facts	13
Paleooceanology, paleoecology, biostratigraphy, cross correlation of marine and land deposits	
Agafonova E.A., Polyakova Ye.I., Novichkova Ye.A. Paleo-oceanological events of late- and postglacial time in the Dvina Bay of the White Sea inferred from diatom assemblages	19
Barash M.S. The coherence of the causes of the great biotic catastrophes of the Phanerozoic	24
Bezrodnikh Ju.P., Romanjuk B.F., Sorokin V.M., Yanina T.A. Stratigraphy of the Upper Quaternary deposits from area of Taman shelf	29
Vishnevskaya V.S. Upper Cretaceous radiolarian zonations and their correlations	34
Vologina E.G., Kulagina N.V., Astakhov A.S., Kolesnik A.N., Bosin A.A. Some results of the study of surface bottom sediments of the southern part of the ChukchiSea	39
Gavrilov Yu.O., Shcherbinina E.A., Shchepetova E.V., Golovanova O.V., Pokrovsky B.G. Environmental dynamics during biospheric Cretaceous/ Tertiary boundary event in the different sedimentary basins of the NE Peri-Tethys: biota, geochemistry and tectonic activity	42
Gladenkov A.Yu. Finds of the most representative marine Oligocene diatom assemblages in Kamchatka sections	47
Gladenkov Yu.B. Cenozoic geological formations in the active transitional zone of the North-Western Pacific (experience of their detailed stratigraphical subdivision and deciphering paleogeographical scenarios)	52
Golovanova O.V. Nature and conditions of silica-enrichment in lower-eocene layers of Central Pre-Caucasus (Kheu section)	55
Golubova N.V., Ruban D.A., Zorina S.O. Late Maeotian sedimentation in the Tanais Palaeobay of the Eastern Paratethys: unresolved questions	60
Grigoriev V.A., Maksimov F.E., Levchenko S.B., Zaretskaya N.E., Korsakova O.P. Reliability of radioisotope dating of marine mollusk shells from transgressive sediments of the Kola Peninsula	64

Darin A.V., Rogozin D.Yu., Kalugin I.A., Babich V.V., Markovich T.I., Darin F.A., Rakshun Ya. V. Microanalytical studies of Lake Shira modern bottom sediments frozen samples Derkachev A.N., Gorbarenko S.A., Ponomareva V.V., Portnyagin M.V. Creation of a generalized tephrostratigraphic scale of the Quaternary deposits of the northwestern Pacific and adjacent seas Dorokhova E.V., Ovsepyan E.A., Murdmaa I.O. Sedimentation and bottom currents on the São Paulo Plateau (western South Atlantic) during the last 167 kyr Zenina M.A. Quaternary ostracod fauna of the northeastern Black Sea shelf Sorina S.O., Ruban D.A. New data on geochemical peculiarities of the deep-marine Jurassic deposits of the Western Caucasus Ivanova E.V., Borisov D.G., Dmitrenko O.B., Murdmaa I.O. Multi-proxy Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift, SW Atlantic Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I. Environmental Changes on the Laptev Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene According to the Aquatic Palynomorph Analysis Kopaevich L.F. Morphology of planktonic foraminifera shells as a reflection of Ocean anoxic events Kruglikova S.B. High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South A frica, submarine continental Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South A frica, submarine continental Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V.	marine sedimentation of West Siberian basin in general	69
Darin F.A., Rakshum Ya.V. Microanalytical studies of Lake Shira modern bottom sediments frozen samples Derkachev A.N., Gorbarenko S.A., Ponomareva V.V., Portnyagin M.V. Creation of a generalized tephrostratigraphic scale of the Quaternary deposits of the northwestern Pacific and adjacent seas Dorokhova E.V., Ovsepyan E.A., Murdmaa I.O. Sedimentation and bottom currents on the São Paulo Plateau (western South Atlantic) during the last 167 kyr Zenina M.A. Quaternary ostracod fauna of the northeastern Black Sea shelf Sorina S.O., Ruban D.A. New data on geochemical peculiarities of the deep-marine Jurassic deposits of the Western Caucasus Ivanova E.V., Borisov D.G., Dmitrenko O.B., Murdmaa I.O. Multi-proxy Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift, SW Atlantic Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I. Environmental Changes on the Laptev Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene According to the Aquatic Palynomorph Analysis Kopaevich L.F. Morphology of planktonic foraminifera shells as a reflection of Ocean anoxic events Kruglikova S.B. High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental		74
Creation of a generalized tephrostratigraphic scale of the Quaternary deposits of the northwestern Pacific and adjacent seas **Proceedings** 10.0 **Proceedings** 10.0 **Procedure** 10.0 **Proceedings** 10.0 **Procedure**	Darin F.A., Rakshun Ya.V. Microanalytical studies of Lake Shira	79
bottom currents on the São Paulo Plateau (western South Atlantic) during the last 167 kyr Zenina M.A. Quaternary ostracod fauna of the northeastern Black Sea shelf Zorina S.O., Ruban D.A. New data on geochemical peculiarities of the deep-marine Jurassic deposits of the Western Caucasus Ivanova E.V., Borisov D.G., Dmitrenko O.B., Murdmaa I.O. Multi-proxy Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift, SW Atlantic Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I. Environmental Changes on the Laptev Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene According to the Aquatic Palynomorph Analysis Kopaevich L.F. Morphology of planktonic foraminifera shells as a reflection of Ocean anoxic events Kruglikova S.B. High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	Creation of a generalized tephrostratigraphic scale of the Quaternary	84
Shelf Zorina S.O., Ruban D.A. New data on geochemical peculiarities of the deep-marine Jurassic deposits of the Western Caucasus 97 Ivanova E.V., Borisov D.G., Dmitrenko O.B., Murdmaa I.O. Multi-proxy Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift, SW Atlantic Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I. Environmental Changes on the Laptev Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene According to the Aquatic Palynomorph Analysis Kopaevich L.F. Morphology of planktonic foraminifera shells as a reflection of Ocean anoxic events Kruglikova S.B. High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	bottom currents on the São Paulo Plateau (western South Atlantic)	90
deep-marine Jurassic deposits of the Western Caucasus 1 Vanova E. V., Borisov D. G., Dmitrenko O.B., Murdmaa I.O. Multi-proxy Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift, SW Atlantic 101 102 103 104 105 105 106 107 108 108 109 109 109 109 109 109		94
Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift, SW Atlantic Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I. Environmental Changes on the Laptev Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene According to the Aquatic Palynomorph Analysis Kopaevich L.F. Morphology of planktonic foraminifera shells as a reflection of Ocean anoxic events Kruglikova S.B. High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental		97
Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene According to the Aquatic Palynomorph Analysis Kopaevich L.F. Morphology of planktonic foraminifera shells as a reflection of Ocean anoxic events Kruglikova S.B. High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift,	101
reflection of Ocean anoxic events Kruglikova S.B. High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene	103
approach to bioindication of environmental conditions Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	108
the Andes submarine continental margin Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G. Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	• •	113
quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental		117
Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian	122
	Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V. Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental	127

Matul A., Kazarina G. The North Pacific endemic diatom species Neodenticula seminae in the modern North Atlantic and Holocene Arctic sediments	132
Murdmaa I.O. Hiatuses in sections of deep-sea deposits: lost pages of geological records as a result of the bottom currents activity	136
Nemchenko N.V., Borisov D.G., Murdmaa I.O., Simagin N.V. Mid-late Quaternary sedimentation in the northern part of the Argentine Basin (South Atlantic)	140
Nikonov A.A. Ringshaped stone spreading-out on the Ladoga Lake bottom as paleogeographic and arhaeoseismic marker Nikonov A.A. Seaquakes and tsunamis in inland water basins of the Russian Federation and their impressions in sections of bottom	144 149
sediments Ovsepyan E.A., Dorokhova E.V., Ivanova E.V., Murdmaa I.O., Borisov D.G., Nemchenko N.V. Paleocirculation and sedimentation processes in the São Paulo Plateau area (western South Atlantic) during the last two climatic cycles	154
Ovsepyan Ya.S., Averkina N.O., Taldenkova E.E. The importance of benthic foraminifera species Cassidulina neoteretis for reconstructing the late Pleistocene–Holocene history of Atlantic water distribution in the Arctic	158
Palechek T.N. Upper Cretaceous radiolarians from Olutor and Algan terranes of the Koryak Highland	162
Polyakova Ye.I., Lisitzin A.P. The significance of siliceous microorganisms in sedimentation at high latitudes of the northern and southern hemispheres	165
Prushkovskaya I.A., Tsoy I.B., Aksentov K.I. The impact of catastrophic natural events on the accumulation of diatoms in the sediments of the Amur Bay (Sea of Japan) over the past millennium	170
Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Lebedev I.I., Gorbunov A.O., Arslanov Kh.A., Kharlamov A.A. Paleotsunami record in sediments of coastal lakes, south of the Far East	175
Rusakov V.Yu., Taldenkova E.E., Kuz'mina T.G., Romashova T.V. Short-term environmental changes and sedimentation stages in the Oga Bay (Novaya Zemlya Archipelago) for the last millennium	180

Rybalko A.E., Tokarev M.Yu., Subetto D.A., Korost D.V., Strachovenko V.D., Kuznetsov V.Yu., Saveljeva L.A, Kiskina A.R., Belkina V.A., Belyaev P.Yu., Aleshin M.Yu., Kostromina N.A. Experience in the comprehensive restoration of paleolimnological conditions using geological and geophysical methods in Lake Onega (Petrozavodsk	
Bay)	185
Sergienko L.A., Dyachkova T.Yu. Determination of risks of the violations of the stable existence of coastal wetlands of Holarctic Seas	190
Sergienko L.A., Moseev D.S., Zorina A.A., Dyachkova T.Yu. Application of biological parameters of vascular plants for the development of technology for assessing the vulnerability of the shores of high-latitude Arctic territories	195
Simagin N.V., Murdmaa I.O., Ivanova E.V., Ginzburg K.A., Mutovkin A.D. Sedimentation in the canyons on the continental margin of Argentinian Patagonia	200
Sokolova E.A. Late Campanian cooling in the Mexican – Caribbean region (according to the foraminifer analysis)	203
Sorokin V.M., Luksha V.L., Yanina T.A. Comparative Late Quaternary sedimentation on platform margins of the Eastern Mediterranean and the Black Sea	208
Streletskaya I.D., Vanshtein B.G., Vasiliev A.A., Oblogov G.E. Peculiarities of accumulation and freezing of deposits in the transitional land-sea zone (Western Arctic)	213
Chepalyga A.L., Sadchikova T.A. Geology, lithology of VIII Black Sea terrace (Crimea, Sudak) and reconstruction of ancient human environment (Eopleistocene)	218
Chehovskaia M.P., Novichkova E.A., Kravchishina M.D., Tihonova A.B. Paleoceanological changes in the Lofoten basin in the postglacial period	223
Chechko V.A., Topchaya V.Yu. Lithology of bottom sediments and evolution of sedimentation environments of the Vistula Lagoon of the Baltic Sea in the late Holocene	228
Shaykhutdinova K.V., Starodymova D.P., Kravchishina M.D. Lithogeochemical features of Mohns Ridge bottom sediments (subpolar Atlantic)	231

Shchepetova E.V., Rogov M.A., Ippolitov A.P., Seltser V.B., Mironenko A.A., Pokrovsky B.G., Bhawanisingh G. Desai Aptian anoxic basin of the Russian Plate: depositional settings, evolution of cephalopod communities and carbon-oxygen isotopy as a response to distal fluvial input	236
Intimona V.S. Vozina N.V. Novigatalov 4 N. Tombra in the North	

- Iakimova K.S., Kozina N.V., Novigatsky A.N. Tephra in the North Atlantic: discoveries of field studies by Institute of Oceanology RAS 241 and prospects of investigation
- Pedentchouk N., Belt S.T., Smik L., Mock T. The effect of light intensity on H-isotope composition of highly branched isoprenoids (HBIs) in marine diatoms: Implications for investigating sea ice dynamics in the past

ШКОЛА ПО МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ В ЦИФРАХ И ФАКТАХ

SCHOOL OF MARINE GEOLOGY: FIGURES AND FACTS

N <u>o</u> No	Кол-во	Кол-во	Школы по морской геологии Г.ХХП (1974-2017 гг.) Состав Города Всего Пленар- Секци- Кол-во	по морсі Города	кой гео Всего	кой геологии І-XXII (1 Всего Пленар- Секци-	XXII (1	974-20] Kol-Bo	[7 гг.) Конвинеры
школ, годы	участ- ников	органи - заций	участников	ı	докла- дов	HBIe	онные	симпо- зиумов	и ведущие ученые
-			1 акад. УССР						
20-27 IV	249	18	6 члкорр. 24 покт. наук	31	88				
1974			74 канд. наук						
II			4 члкорр.						
20-27 X	200	09	17 докт. наук	32	100				
1975			71 канд. наук						
			1 акад. АН						
H			1 акад. УССР						Лисицын, Монин, Зоненшайн, Городницкий,
17-23 X	300	34	3 члкорр.	30	210	35	75	5	Хаин, Тимофеев, Герасимов, Геодекян,
1978			23 докт. наук						Карасик, Живаго, Красный
			120 канд. наук						
M			1 акад. АН						Лисицын, Зоненшайн, Сорохтин, Тимофеев,
21-27 IV	330	35	4 члкорр.	56	234	40	85	9	Карасик, Пейве, Монин, Хаин, Красный,
1980		3	54 докт. наук	ì		2	6	•	Пущаровский, Воссоевич, Коссовская,
1760			150 канд. наук						Яншин, Живаго, Гершанович
Λ			1 акад. АН						Лисицын, Монин, Тимофеев, Хаин, Яншин,
17 22 117	350	60	2 члкорр.	40	350	40	130	10	Глумов, Аксенов, Меннер, Гершанович,
1087	000	8	60 докт. наук	2	000	ř	061	70	Коссовская, Красный, Зоненшайн, Герасимов,
1207			200 канд. наук						Соколов
VI			1 акад. АН						Писинти Тимофеев Аксенов Коссовская
16-27 IV	450	9	2 члкорр.	96	360	51	157	13	Яншин Монин Зоненшайн Хаин Герасимов
1984		8	51 докт. наук	ì		•		3	Красный Мирчинк Глумов
			169 канд. наук						Jan Grand Jan Gr

09	3 члкорр. 56 докт. наvк	98	390	45	250	=	Лисицын, Монин, Ронов, Тимофеев, Книппер,
	185 канд. наук						Соловьев, 1 рамоерг, Вахрамеев, Живаго
42	3 члкорр. 50 докт. наук 180 канл наук	30	146	38	46	11	Зоненшайн, Лисицын, Матишов, Живаго, Раукас, Соколов, Сорохтин, Маров
C 15	С 1990 г. (ІХ школа) Международные конференции (школы) морской геологии	я) Междул	народны	е конфере	нции (ш	колы) мо	рской геологии
40+8 3apy6.	6 акад. АН 3 члкорр. 70 докт. наук	25	213	40	120	13	Лисицын, Барсуков, Богданов, Грамберг, Добрецов, Книппер, Яншин, Глумов, Красный
40	7 акад. АН 3 члкорр. 28 докт. наук 95 канд. наук	31	204	42	110	12	Лисицьн, Глумов, Богданов Грамберг, Книшер, Матишов, Пущаровский, Удинцев, Живаго, Зоненшайн, Афанасьев, Ястребов
38	5 акад. АН 4 члкорр. 80 докт. наук 280 канд. наук	35	350	46	240	12	Лисицын, Глумов, Матишов, Живаго, Соколов, Сорохтин, Добрецов, Митропольский
30	5 акад. АН 4 члкорр. 70 докт. наук 120 канд. наук	32+5 3apy6.		30	210	15	Лисицын, Хаин, Богданов, Живаго, Матишов, Удинцев, Каплин, Пейве, Сорохтин Городницкий
38+7 3apy6.	5 акад. АН 4 члкорр. 25 докт. наук 145 канд. наук	28	255	32	174	6	Лисицын, Лаппо, Богданов, Матипов, Соколов, Пущаровский, Дмитриевский, Рундквист, J. Tiede, H. Kassens, H. Aoki, P. Wassman, R. Stein, D. Fuetterer
39	5 акад. АН 4 члкорр. 25 докт. наук 160 канд. наук	27+5 3apy6.	248	34	160		Лисицын, Лаппо, Грамберг, Дмитриевский, Матишов, Соколов, Богданов, Савостин, Н. Aoki

			114 2000 3						
XV 17-21 XI 2003	320	37	2 акад. Ал. 4 члкорр. 27 докт. наук 150 канд. наук	29+4 3apy6.	255	40	148	11	Лисицын, Дмитрневский, Хаин, Савостин, Удинцев, Бяков, Конторович, Басов, Черкашев, Н. Aoki, D. Fuetterer
XVI 14-18 XI 2005	XVI 14-18 XI 270+8 3apy6. 67+8 3apy6. 2005		5 акад. АН 4 члкорр. 72 докт. наук 117 канд. наук	22+5 3apy6.	312	45	183	11	Лисицын, Хаин, Монин, Лаппо, Дмитриевский, Бортников, Черкашев, Лобковский
XVII 12-16 XI 2007	389+17 3apy6.	70+14 3apy6.	12 акад. АН 4 члкорр. 72 докт. наук 106 канд. наук	23+11 3apy6.	291	9	180	111	Лисицын, Хаин, Нигмагулин, Бондур, Дмитриевский, Бортников, Когарко, Шнюков, J. Harff, J. Thiede, H. Kassens, A. Raukas, Ch. Dullo
XVIII 16-20 XI 2009	371+15 3apy6.	79+13 3apy6.	7 акад. АН 9 члкорр. 96 докт. наук 134 канд. наук	26+12 3apy6.	339	99	214	12	Лисицын, Хаин, Нигматулин, Лобковский, Иванов, Бондур, Дмитриевский, Бортников, Моисеенко, J. Thiede, E. Bonatti, N. Van Weering
XIX 14–18 XI 2011	386+16 3apy6.	82+12 3apy6.	12 акад. АН 4 члкорр. 97 докт. наук 129 канд. наук	21+10 3apy6.	461	99	292	12	Лисицын, Нигматулин, Дмитриевский, Бондур, Бортинков, Котляков, Добрецов, Лобковский, Thiede, Bonatti, Saamisto, Федонкин, Розанов, Моиссенко, Тулохонов, Филагов
XX 18–22 XI 2013	XX 18–22 XI 392+8 3apy6. 83+8 3apy6 2013	83+8 3apy6.	11 акад. и чл корр. АН 89 докт. наук 148 канд. наук	17+7 3apy6.	383	44	197	12	Лисицын, Нигматулин, Дмитриевский, Акуличев, Лобковский, Моисеенко, Thiede, Bonatti, Левин, Маслов
XXI 16–20 XI 2015	XXI 16–20 XI 2015	82+6 3apy6.	11 акад. и чл корр. АН 85 докт. наук 151 канд. наук	18+6 3apy6.	351	39	188	12	Лисицын, Нигматулин, Дмитриевский, Акуличев, Лобковский, Thiede, Bonatti, Левин, Маслов, Данилов-Данильян, Гальченко, Мохов

Лисицын, Нигмагулин, Акуличев, Маров, Короновский, Лобковский, Маслов, Гебрук, Thiede, Kassens
12
146
45
342
19+6 3apy6.
10 акад. и чл корр. АН 87 докт. наук 129 канд. наук
86+6 3apy6.
XXII 20-24 XI 359+7 3apy6. 2017

ПАЛЕООКЕАНОЛОГИЯ, ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ, БИОСТРАТИГРАФИЯ, ПЕРЕКРЕСТНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ МОРСКИХ И СУХОПУТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

PALEOOCEANOLOGY,
PALEOECOLOGY,
BIOSTRATIGRAPHY, CROSS
CORRELATION OF MARINE AND
LAND DEPOSITS

Агафонова Е.А.^{1,2}, Полякова Е.И.¹, Новичкова Е.А.²

(1 МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, e-mail: agafonovaelizaveta@mail.ru; 2 Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва)

Палеоокеанологические события поздне- и послеледниковья в Двинском заливе Белого моря по данным диатомового анализа

Agafonova E.A.^{1,2}, Polyakova Ye.I.¹, Novichkova Ye.A.²

(¹Lomonosov Moscow State University, Moscow; ²Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Paleo-oceanological events of late- and postglacial time in the Dvina Bay of the White Sea inferred from diatom assemblages

Ключевые слова: диатомовый анализ, голоцен, палеогеография голоцена, Двинский залив, Белое море.

Пространственный анализ событий раннего голоцена, установленных на основе данных диатомового анализа и радиоуглеродного датирования, позволил уточнить время проникновения атлантических вод в разные части Двинского залива, динамику деградации осколков Беломорской ледниковой лопасти и закономерности развития климатических оптимумов.

Колонки донных осадков 6050 и 6042 (рисунок), отобраны в рейсе НИС "Профессор Штокман" ИО РАН в Двинском заливе в 2006 г. Колонкой 6050 (глубина 101 м) в нижней части вскрыты оливково-серые глинистые илы, перекрытые алевропелитовой толщей осадков. Для колонки 6050 по раковинам двустворчатых моллюсков и брахиоподам в Лаборатории им. К. Лейбница (Киль, Германия) получены 3 радиоуглеродных датировки отложений с использованием ускорительной масс-спектрометрии (AMS ¹⁴C). Калибровка радиоуглеродных дат осуществлялась с помощью программы Calib 7.00 [1]. Колонка 6042 была отобрана трубкой большого диаметра в центральной части Двинского залива (глубина 61 м). В ней вскрывается толща сероцветных пелитовых осадков мощностью 460 см. Нижняя часть колонки представлена буравато-серыми пелитами с алеврито-песчаной примесью, с горизонта 295 см увеличивается содержание алеврито-песчаной фракции. Для пяти образцов был установлен возраст по детриту раковин моллюсков методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS ¹⁴C) в Лаборатории радиоуглеродный исследований в г. Познань [2].

Диатомовый анализ был проведен для 45 образцов из колонки 6042 и 34 из колонки 6050 и позволил выделить комплексы диатомей, характерные для различных промежутков голоцена. По изменению таксономического разнообразия диатомей и их концентрации в колонке выделялись диатомовые

зоны, границы которых четко совпадают с палинологическими зонами, границы которых, проводились на основе результатов анализа состава цист динофлагеллят.

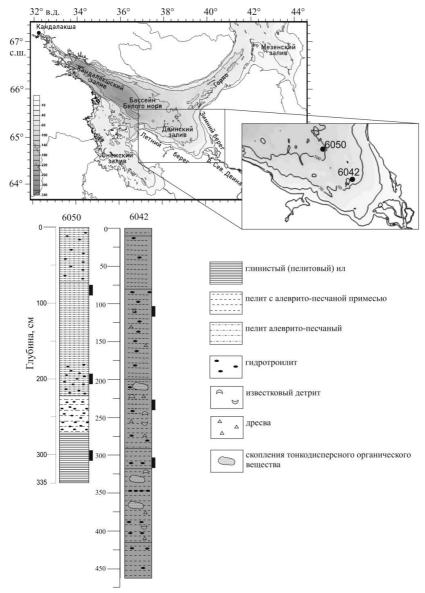


Рисунок. Положение исследованных колонок донных осадков и их литологическое описание (по [1, 2])

Нижние части колонок в целом соответствуют переходному этапу от ледниково-морских условий к собственно морским. Колонка 6042 вскрывает наиболее древние осадки поздне- и послеледниковья (13 тыс.л.н.), в то время как колонка 6050, расположенная ближе к бассейну Белого моря представлена чуть более молодыми отложениями (11 тыс.л.н.). Раннее исследователями было установлено, что распад Беломорской ледниковой лопасти происходил катастрофически быстро, 11,2–11,0 тыс.л.н. край ледника, находившийся в районе Горла Белого моря, блокировал проникновение баренцевоморских вод в котловину [3]. Всего за 200-300 лет в результате отступание края ледника из узкого Горла Белого моря блокировка льдом Двинского залива прекратилась, что привело к началу накопления осадков [3, 4]. Практически полное отсутствие диатомей в пребореальных осадках центральной части Двинского залива (6042) может свидетельствовать о низкой продуктивности существовавшего в ходе деградации оледенения слабосоленого приледникового водоема. Также неподходящие для развития диатомовой флоры условия могли возникнуть в связи с поступлением с континента терригенного материала, из-за которого повышалась мутность вод, препятствующая проникновению света и образованию фотической зоны. Увеличению содержания взвешенных частиц в воде могло способствовать начало интенсивного врезания р. Сев. Двины, связанное с превалирующим над трансгрессией моря гляциоизостатическим поднятием в конце преборельного времени. Расположенная ближе к центральной части Белого моря, во внешней части Двинского залива, колонка 6050 затрагивает лишь самый конец пребореального периода, по-видимому, более ранние осадки были размыты во время таяния оставшейся части ледниковой лопасти. Изменение гидродинамического режима связанное с деградацией осколков Беломорской ледниковой лопасти, проявляющееся в смене направлений течений и всего седиментационного процесса, повлекло за собой повсеместные размывы кровли ледниково-морских илов. Помимо талых ледниковых и речных вод в Двинский залив поступали еще и атлантические воды из Баренцева моря. Находки единичных сворок морских диатомей, типичных для атлантических вод (на глубинах 430 см и 370-380 см в колонке 6042) говорят о начале их проникновения еще в первой половине пребореала.

Начавшаяся в пребореальное время регрессия продолжилась небольшими колебаниями уровня моря в бореале. Гидрологические условия в центральной части залива в связи с этим сильно не изменились, в то время как в его внешней части активное поступление баренцевоморских вод в Белое море способствовало усилению гидродинамической активности вод. Во внешней части Двинского залива устанавливается устойчивая связь с Баренцевым морем, и в целом гидробиологические условия становятся благоприятными. Запоздалая реакция экосистемы центральной части Двин-

ского залива на проникновение трансформированных атлантических вод и теплых воздушных масс может быть объяснена наличием препятствия в виде гидрологического «полюса холода» и связанными с ним барическими образованиями, также орография самого залива могла способствовать более медленному распространению океанских вод из Баренцева моря. Изменение гранулометрического состава осадков центральной части залива, проявляющееся в увеличении доли песчаной примеси, может свидетельствовать об усилении течений и эрозионной деятельности р. Сев. Двины, что, вероятно, является результатом быстрого гляциоизостатического поднятия территории, а также интенсивной смены условий осадконакопления.

В осадках четко прослеживается влияние атлантической трансгрессии, максимальные концентрации диатомей свойственны именно этому временному интервалу и связаны с увеличением продуктивности вод. Повсеместно наблюдается увеличение числа и разнообразия диатомей. В центральной части залива в малых количествах появляются относительно тепловодные атлантические виды. При этом во внешней части залива температура воды представляется несколько более высокой, нежели в центральной, что очевидно связано и с пространственным положением осадков на пути проникновения вод атлантического происхождения, и с орогидрографией залива.

Постепенное увеличение доли тепловодного вида *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg позволяет сделать вывод об улучшении климатической обстановки, начиная с атлантического времени и до середины *суббореала* в центральной части залива. При этом сокращение интенсивности поступления теплых атлантических вод проявляется во внешней части Двинского залива увеличением числа ледово-морских диатомей. Некоторое запаздывание региональных событий связано с локальными особенностями центральной части Двинского залива

В субатлантическое время состав ассоциаций диатомовых водорослей становится близким современному. В значительных количествах появляются пресноводные виды, свидетельствующие об увеличении роли поверхностного стока. Также из климатических событий в колонках выделяются средневековое потепление, когда в Белом море была минимальная для этого периода продолжительность ледового покрова и малый ледниковый период

Таким образом, изучение изменений в составе диатомовых ассоциаций датированных методом AMS ¹⁴C отложений центральной части Двинского залива позволило восстановить смену седиментационных обстановок и выявить особенности изменения гидродинамического режима начиная с раннего голоцена. Корреляция с данными палиностратиграфии дала возможность выделить диатомовые зоны, свойственные для отдельных временных интервалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е. Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // ДАН. 2014. Т. 454. № 4. С. 467–472.
- 2. Новичкова Е.А., Рейхард Л.Е., Лисицын А.П., Рыбалко А.Е., де Вернал А. Новые данные по истории развития Двинского залива Белого моря в голоцене //ДАН. 2017. Т. 474. № 3. С. 365–369.
- 3. Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in nothwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // Boreas. 2006. V. 35. P. 425–433.
- 4. Демидов И.Н. Геология и динамика новейшего периода формирования акватории Белого моря // Система Белого моря. Т. 1. М.: Науч. мир, 2010. С. 58–76.

This report is based on a detailed study of two sediment core sections (6042, 6050) obtained from depths of 61 and 101 meters in the Dvina Bay of the White Sea. Paleoenvironmental reconstructions based on diatoms, aquatic palynomorphs, pollen and spores study. The spatial analysis of the early Holocene events, which were established inferred from micropaleontological study and radiocarbon (AMS 14C) dating, made possible to specify the time of Atlantic waters' advection into White Sea basin, the dynamics of the White Sea glacial blade degradation and patterns of climatic optimum development.

Бараш М.С.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва,

e-mail: barashms@yandex.ru)

Когерентность причин великих биотических катастроф фанерозоя

Barash M.S.

(Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

The coherence of the causes of the great biotic catastrophes of the Phanerozoic

Ключевые слова: массовые вымирания, трапповый вулканизм, импакт-события, геомагнетизм, когерентность, космические первопричины

Массовые вымирания вызывались мощным вулканизмом, ударами астероидов и, вероятно, изменениями частоты геомагнитных инверсий. Эти факторы действовали в пределах близких временных интервалов. Это дает основание полагать, что они когерентны, взаимосвязаны, общей первопричиной более высокого порядка, находящейся вне пределов Солнечной системы.

Поступательное развитие биоразнообразия на Земле прерывалось многочисленными вымираниями. Наиболее значительные вымирания, когда количество видов сокращалось более чем на 75%, получили название «великие массовые вымирания». Принято считать, что таких вымираний в течение фанерозоя (последние 542 млн. лет) было пять. Они отражали резкие изменения условий среды и происходили в конце геологических периодов: ордовика (около 444 млн.л.н.), девона (около 372 млн.л.н.), перми (около 252 млн.л.н.), триаса (около 201 млн.л.н.) и мела (около 66 млн.л.н.). К основным первичным причинам губительных изменений среды обычно относят катастрофические извержения трапповых базальтов либо падения на Землю крупных астероидов. В публикациях рассматриваются также горизонтальные и вертикальные тектонические движения, колебания климата, уровня моря, изменения химического состава океана и атмосферы. Однако они тесно связаны с указанными первопричинами либо являются звеньями в цепи их следствий.

Катастрофические извержения и удары астероидов (импакт-события) вызывали серии последовательных относительно быстрых изменения условий среды, которые оказывали непосредственное вредное влияние на биоту. Сторонники той или другой точек зрения приводят несомненные обоснования. В ряде публикаций показано, что мощный вулканизм и падения астероидов имели место в пределах некоторых единых интервалов.

Наиболее катастрофическое позднепермское вымирание было вызвано

мощным излиянием сибирских траппов. Проявления вулканизма начались около 255 млн. л. н. Трапповым излияниям предшествовал эксплозивный вулканизм с выбросом пеплов в верхние слои атмосферы. При их извержении в атмосферу было внедрено огромное количество парниковых и токсичных газов $\mathrm{CH_4}$, $\mathrm{CO_2}$. $\mathrm{SO_2}$, хлоридов и др. Результатом вулканизма было охлаждение атмосферы и океана, кислотные дожди, затемнение атмосферы аэрозолями, которые блокировали прохождение ультрафиолетовых лучей к поверхности Земли и препятствовали фотосинтезу - основе пищевых цепей. Затем имело место быстрое повышение температуры океана и суши и окисление океанской воды. Изменения условий среды оказались критическими: исчезло 90% морских и 75% наземных видов организмов.

События внутри Земли (субдукция плит, возникновение мантийных плюмов и др.), которые приводили к мощному излиянию трапповых базальтов и возникновению условий вулканической зимы представлены на рис. 1. Важно отметить, что, согласно этим представлениям, источник суперплюмов, приводящих к трапповым излияниям и условиям «вулканической зимы», располагается в слое D» на глубинах 2600-2900 км у границы ядра и нижней мантии. Сходные изменения условий среды при трапповых извержениях базальтов имели место и при других массовых вымираниях.

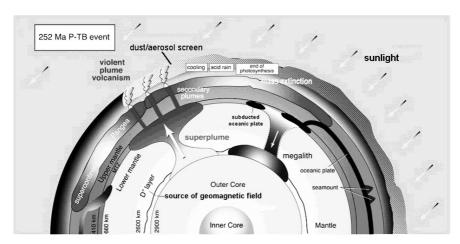


Рисунок 1. Условия массового вымирания («вулканической зимы») в конце перми в результате вулканизма (по [1], с дополнениями).

На рубеже мела и палеогена (около 66 млн. л. н.) мощные излияния трапповых базальтов имели место на Индийском субконтиненте и, вероятно, в Тихом океане на Гавайско-Императорском хребте. На Индийском субконтиненте образовалась трапповая толща Декана мощностью до 3 км. Было извергнуто около 1.3 млн. км³ базальтов.

Массовое вымирание в конце триаса ассоциируется с обширным магматизмом в Центрально-Атлантической магматической провинции, которая образовалась при первичном распаде суперконтинента Пангеи. Площади активного магматизма охватывали более 7 млн. км³ в юго-западной Европе, северо-западной Африке, Южной Америке. Было извергнуто более 2.5×106 км³ базальтов.

Позднедевонское вымирание ассоциируется с образованием Вилюйской (Якутской) трапповой формации объемом около 1 млн км³. Две фазы базальтового магматизма имели место в области Южного Урала, щелочной магматизм — на Восточно_Европейской платформе. Позднедевонский вулканизм проявился в Северном Иране, в Северном и Южном Китае.

Вымирание в конце ордовика связано с извержениями в вулканических дугах и зонах субдукции вдоль восточного края Лаврентийского щита. Слои пепла прослеживаются на площадях в миллионы квадратных километров в Европе, Америке и Китае.

Детально исследовано катастрофическое изменение условий среды в результате падения на Землю крупного астероида на рубеже мела и палеогена (= мезозоя и кайнозоя), около 66 млн. л. н., т.е. одновременно с трапповым вулканизмом. В это время наиболее явно проявилось совпадение интервалов двух, казалось бы, независимых, причин массового вымирания. В разрезах обычен стратиграфический перерыв и смена типов осадков, распространен прослой черных глин. Это событие связывают с падением в область шельфа у полуострова Юкатан астероида диаметром около 10 км и образованием погребенного кратера Чиксулуб диаметром около 180 км. Импакт-событие вызвало глобальные потрясения, которые затронули не только биосферу, но и атмосферу, гидросферу и литосферу. Возникли гигантские цунами. Глобальные пожары и выброс в атмосферу огромного количества сажи и других аэрозолей вызвали продолжительную «космическую зиму», блокировали прохождение ультрафиолетовых лучей и почти полную остановку фотосинтеза.

Связь триасово-юрского вымирания с импакт-событиями подтверждается наличием кратеров: Рошешуар во Франции, Маникуаган и Сен-Мартин в Канаде, Оболонь на Украине, Ред-Винг в США и др.

Обнаружены также ударные кратеры, возникшие в интервале пермотриасовой границы: Беду на материковой окраине Австралии, Арагуайна в Бразилии, а также вероятные кратеры Фольклендский у Аргентины, Арганаты в Казахстане и 500-километровый кратер на Земле Уилкса под Восточно-Антарктическим ледниковым щитом.

Позднедевонские импакт-события отразились в осадках в виде тектитов, прослоев с повышенными концентрациями иридия (Китай, Канада). Обнаружены ударные кратеры Аламо и Флинн-Крик в США, Вудлей в Австралии.

В позднем ордовике отмечено несколько импакт-событий, которые могли оказать влияние на массовое вымирание. Обнаружены: кратеры Кьярдла в Эстонии, Локне в Швеции, Рок-Эльм в США, Пайлот и Слейт-Айлендс в Канале.

Намечается также еще один существенный фактор массовых вымираний – потеря атмосферой Земли кислорода при частых и многократных инверсиях геомагнитного поля, которые следуют за суперхронами спокойного однонаправленного поля. Так, по результатам моделирования, в интервале триасово-юрской границы содержание кислорода снизилось с 23% до 14%. Во время смены полярности геомагнитного поля падает его напряженность, увеличивается облучение Земли «солнечным ветром» и космическими лучами. Происходит обеднение атмосферы кислородом [2].

Полагают, что источник геомагнетизма располагается у границы ядра и нижней мантии Земли на глубинах 2600-2900 км, т.е. в том же слое D», который порождает мантийные суперплюмы, инициирующие трапповый вулканизм. Можно допустить, что некие процессы в этом слое ответственны как за активизацию суперплюмов, так и за колебания геомагнитного поля. Это объясняет когерентность обоих факторов массовых вымираний.

Но что может объяснить совпадение или близость интервалов этих земных явлений с интервалами бомбардировки Земли астероидами и кометами? Только общая космическая причина. Такими причинами могут быть пересечение Солнечной системой спиральных рукавов нашей галактики и ее плоскости. При этом на критические изменения экологических условий на Земле, включая глобальные климатические колебания, могут влиять вспышки сверхновых, космическое облучение, кометы, молекулярные облака [3] (рис. 2).



Рисунок 2. Взаимосвязь космических и земных процессов, вызывающих массовые вымирания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Isozaki Y. Integrated «plume winter» scenario for the double-phased extinction during the Paleozoic-Mesozoic transition: The G-LB and P-TB events from a Panthalassan perspective // Jour. Asian Earth Sc. 2009. V. 36. P. 459–480.
- 2. Wei Y., Pu Z., Zong Q., et al. Oxygen escape from the Earth during geomagnetic reversals: Implications to mass extinction // Earth and Planetary Science Letters. 2014. V. 394. P. 94–98.
- 3. Gillman M., Erenler H. Reconciling the Earth's stratigraphic record with the structure of our galaxy// Geosc. Frontiers. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.06.001

Mass extinctions were caused by powerful volcanism, asteroid impacts and, probably, changes in the frequency of geomagnetic inversions. These factors acted within close time intervals. This gives reason to believe that they are coherent, interconnected, by a common root cause of a higher order, located outside the solar system.

Безродных Ю.П.¹, Романюк Б.Ф.¹, Сорокин В.М.², Янина Т.А.²

(¹АО "Моринжгеология",Латвия, г.Рига, e-mail: office.Riga@morinzhgeologia.lv; ²МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, e-mail: vsorok@rambler.ru)

Стратиграфия верхнечетвертичных отложений участка Таманского шельфа

Bezrodnikh Ju.P.¹, Romanjuk B.F.¹, Sorokin V.M.², Yanina T.A.²

(¹Joint Stock Company «Morinzhgeologia», Riga; ²Moscow State University) Stratigraphy of the Upper Quaternary deposits from area of Taman shelf

Ключевые слова: поздний неоплейстоцен, голоцен, карангат, новоэвксин, Черное море, шельф

В разрезе скважин с Таманского шельфа к югу от мыса Железный Рог по фауне моллюсков выделены и описаны ново и древнечерноморские, новоэвксиниские, посткарангатские, карангатские, узунлар-древнеэвксинские слои. Получены 3 радиоуглеродные датировки возрастом от 27 до 52 тыс. лет.

Участок исследования располагается на шельфе Черного моря на удалении около 12 км к югу от Таманского полуострова. Глубина моря составляет 22,2–22,6 м. Дно представляет собой выровненную поверхность полого наклоненную на юго-запад и покрытую ракушечным грунтом.

Согласно геологическим и геофизическим исследованиям, верхняя часть грунтовой толщи прибрежных районов и примыкающего шельфа сложена отложениями двух структурных комплексов, разделенных контрастно выраженной абразионной поверхностью. Нижений комплекс (складчатый) представляет собой толщу плиоценовых отложений. Верхний комплекс образует покров с субпараллельной слоистостью с изменяющейся мощностью, сложенный неоплейстоценовыми и голоценовыми отложениями. Его мощность составляет 27,5 м и постепенно увеличивается на юго-восток.

Строение и литологический состав грунтовой толщи изучены по данным бурения (рисунок). По полученным данным в верхнем комплексе голоцен – неоплейстоценовых отложений выделяются сверху вниз.

Покровный комплекс отложений (ново-, древнечерноморские слои голоцена и новоэвксинские слои верхнего неоплейстоцена) образует в районе слой, перекрывающий неровную поверхность нижележащих отложений. В его верхней части лежит слой песчано-раковинного грунта,

обильно насыщенный створками раковин и их обломками. Комплекс раковин по видовому составу соответствует комплексу современных обитателей моря и является основой для выделения новочерноморских слоев. Ниже древнечерноморского залегают песчано-глинистые осадки сложенные зеленовато-серой текучей супесью и водонасыщенными песками, глубже которых залегают новоэвксинские глинистые грунты (глины и суглинки твердые и полутвердые) с песками в прослоях разной мощности. Цвет глинистых грунтов коричневый, местами ярко коричневый, с многочисленными охристыми пятнами ожелезнения.

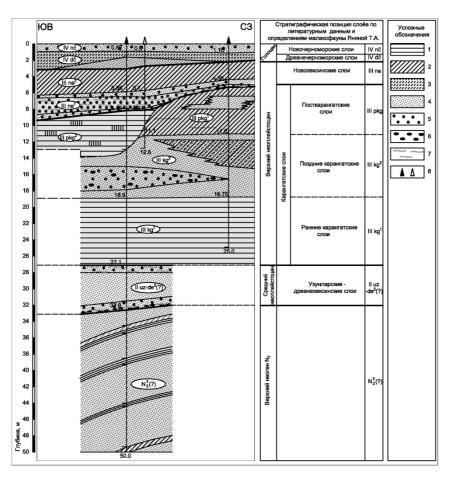


Рисунок. Разрез грунтовой толщи по данным инженерно-геологического бурения, с указанием стратификации разреза по ранее опубликованным материалам. Условные обозначения: 1 – глина; 2 – суглинок; 3 – супесь;

4 – песок; 5 – ракуша; 6 – галька, гравий; 7 – карбонатная цементация; 8 – скважины инженерно-геологического бурения, статического зондирования.

Характерная его особенность — наличие многочисленных глинистокарбонатных конкреций и практически полное отсутствие раковинного материала. Эта толща «немых» суглинков отвечает новоэвксинской регрессии. Залегающие над суглинками пески и супеси соответствуют морской стадии черноморской трансгрессии.

Мелководно-морские песчано-ракушечные отложения по положению в разрезе, вероятно, представляет собой часть новоэвксинского горизонта, отвечающая средне-валдайскому межстадиалу. На это указывает цифра калиброванного ¹⁴С возраста около 32 тыс. лет. Слои песчано-ракушечного состава с многочисленными прослоями сцементированного ракушечного грунта (ракушечника) представляют собой пласт резко переменной мощности (от 0,6-1,5 м на северо-западе участка до 6,45 м на юго-востоке). Раковины, собранные из этих песчано-ракушечных отложений, имеют смешанный состав (смесь морских и пресноводных видов), несут следы окатанности, цементации, причем морские виды явно из карангатских отложений. Возможно, эти грубозернистые песчано-ракушечные отложения отвечают повышению уровня моря и надвижению бара (пересыпи?) на лиман. Этот подъём уровня может отвечать сурожской трансгрессии Черного моря.

В нижележащих прибрежных, мелководно-морских и пресноводных лагунно-лиманных отложениях распознаются слои разного генетического происхождение и состава, а именно:

- линзовидно-подобные тела, сложенные обогащенными органикой глинистыми грунтами;
- пластовые тела глинистого состава, частично эродированные и, подобно останцам, ограниченные уступами. В кровле отчетливо различаются поверхности срезания. В подошве отчетливо различимо налегание отложений на выровненную поверхность грунтов нижележащих слоев (карангатских песков и глин). В разрезе пачки выделяются глинистые пресноводные лагунно-лиманные и глинистые мелководно-морские фации.

Эти слои относятся к завершающей, регрессивной стадии карангатского ритма, мы по их положению выше карангатских глин и песков относим к посткарангатским слоям.

Большой интерес представляют *лагунно-лиманные глинистые* ($IIIpkg^2$) пресноводные отложения с ограниченном распространением. По совокупности признаков можно заключить, что накопление глин происходило в опресненной обстановке в мелководных лагунно-лиманных условиях. Лагуна (или лиман) образовалась при регрессии в карангатских отложениях и соответствует посткарангатской регрессии. По данным изучения состава растительных остатков, обстановка осадконакопления соответствует

прибрежной береговой полосе зарастания с тростником, местами превращающейся в тростниковое болото. Радиоуглеродное датирование образцов, проведенное в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН определило возраст оторфованных суглинков по ¹⁴С от 44160+/-1450 лет до 52280+/-2900 лет, что вполне укладывается в представления о посткарангатских слоях. *Мелководно-морские глинистые грунты (Шркд¹)* слагают неоднородное по структуре пластовое тело преимущественно глинистого состава, включающее прослои и линзы песчаного грунта. Вскрытая мощность слоя в области распространения составляет 3,6-5,7 м.

Глинистый грунт, формирующий слой, представлен глиной и суглинком коричневато-серого и серовато-коричневого цвета, имеет консистенцию от тугопластичной до полутвердой. В верхней части слоя имеются охристо-бурые полосы и пятна ожелезнения. Условия накопления слоя отвечают завершающей эпохе существования карангатского моря, снижению его уровня. Уровень был неустойчивый, о чем свидетельствуют песчаные прослои и линзы с включением раковин моллюсков, по составу отвечающих опресненному карангатскому комплексу с преобладанием в нем морских стеногалинных видов.

Верхненеоплейстоценовые (карангатские) мелководные прибрежноморские песчаные и глинистые осадки (IIIkg²) подстилают пачку посткарангатских отложений. Кровля слоя выглядит как горизонтальная поверхность, лежащая на глубине 11,0-11,1м. Подошвенные пески налегают на выровненную поверхность карангатских глин. Максимальная мощность слоя составляет 7,75м.

По составу грунтов слой неоднороден. Нижняя часть мощностью от 0,7 м до 5,8 м сложена песком пылеватым и мелким с включениями раковин, скопления которых образуют линзовидные прослои ракушечного грунта мощностью до 2,1 м. Резко меняющаяся мощность и наличие прослоев ракуши значительной мощности, указывают на накопление грунтов в прибрежных морских условиях. Залегающая выше часть имеет более глинистый состав и представляет собой пачку часто переслаивающихся песчаных и глинистых грунтов. В кровле имеются скопления (прослои) раковинного материала. По данным изучения собранных в грунтах раковин в слое представлен карангатский комплекс моллюсков, более опресненный в сравнении известными комплексами максимальной стадии карангатской трансгрессии. Такой состав моллюсков характеризует этап снижения уровня карангатского моря и проникновения в него по Манычу каспийских вод с позднехазарскими дидакнами.

Верхненеоплейстоценовые карангатские морские глинистые слои $(IIIkg^I)$ в районе работ имеют площадное распространение и, по материалам ранее проводившихся исследований, относятся к нижней половине верхнего

неоплейстоцена. На площадке они вскрыты всеми скважинами инженерногеологического бурения. Кровля слоя полого погружается на юг. Ее глубина в скважинах понижается от 18,75 до 20,4 м. Подошва слоя отмечена на глубине 27,1 м и, таким образом, мощность составляет 8,2 м. По нашему мнению толща сложена глубоководными морскими осадками максимальной стадии карангатского (IIIkg¹) трансгрессивного бассейна с наиболее стеногалинной фауной.

Вскрытые средненеоплейстоценовые (узунлар-древнеэвксинские) слои в рамках разрабатываемой схемы разреза грунтовой толщи соответствуют базальной части неоплейстоценовых отложений. Их кровлей является подошва карангатских глин, подошвой – эродированная поверхность смятых в складки отложений верхнего неогена. Стратиграфическая привязка слоев опирается на ранее опубликованные материалы. Слои вскрыты скважиной в интервале глубин от 27,1 м до 32,6 м. Основная часть слоя сложена мелким песком, заметно слюдистым, желтовато- и коричневатосерого цвета с включениями обломков сильно выветрелых раковин. В кровле выделяется интервал (мощностью 0,9 м) охристо-бурого, ярко коричневого и желтовато-белого мелкого раковинного детрита с песком мелким. Нижняя желтовато-белая часть интервала обильно насыщена массой частиц мелкораздробленного ракушечника. В подошве в интервале 31,50-32,60 м залегает слой ракушечного детрита с песком, в нижней части которого присутствует большое количество обломков сцементированного ракушечного грунта и хорошо окатанных галек литифицированных пород. Стратиграфическая привязка опирается на комплекс раковин двустворок, собранных в этих слоях. В основании (над конгломератами) вскрывается базальный слой с узунларской морской фауной. Обилие детрита раковин свидетельствует о динамичной обстановке осадконакопления. Выше залегают осадки с господством солоноватоводной фауны, характеризующей опресненный бассейн каспийского типа, по составу отвечающей позднему древнеэвксинскому бассейну. В целом изученный комплекс фауны отвечает завершающей стадии существования трансгрессивного палеоузунларскогодревнеэвксинского средне-неоплейстоценового морского бассейна (Иихde²).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-05-00684).

In the section of wells from the Taman shelf south of Cape Zhelezniy Rog, the New and Old Black Sea, New Euxinian, Post-Krangatian, Karangatian, Uzunlar-Old Euxinian layers are identified and described according to the mollusk fauna. Three radiocarbon dating of the age from 27 to 52 thousand years were obtained.

Вишневская В.С.

(Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: valentina.vishnaa@mail.ru

Верхнемеловые радиоляриевые биостратоны России и их корреляция

Vishnevskaya V.S.

(Geological Institute of the RAS, Moscow)

Upper Cretaceous radiolarian zonations and their correlations

Ключевые слова: радиолярии, мел, Западная Сибирь, Северо-Восток России

Дан краткий обзор зональных шкал, разработанных для территории России разными специалистами в разное время начиная с конца пятидесятых годов. Показано, что не существует единого зонального стандарта, который бы был валидным или применимым на всей территории Евразии, а все радиоляриевые схемы, предложенные по радиоляриям для Западной Сибири, существенно устарели. Рассмотрены возможные варианты корреляции существующих схем со шкалами по другим группам микрофоссилий и с ифразональной шкалой по макрофауне.

Для верхнего мела по радиоляриям не существует единого зонального стандарта, который бы был валидным или применимым на всей территории Евразии. Существуют несколько местных, ограниченных рамками конкретных районов (Юг России, включающий Крым и Северный Кавказ) [1, 2]; Северо-Восток и Дальний Восток России [3]; Русская платформа [3–8]; Урал и Тургай [9], Западная Сибирь [10–11]) зональных шкал, разработанных для территории России разными специалистами в разное время начиная с конца пятидесятых годов [12–15]. До настоящего времени новых палеонтологических материалов для уточнения региональной и корреляционной частей схемы верхнемеловых отложений южных территорий Западной Сибири практически не существует, что подтверждено в публикациях [14–16].

Только Уральский зональный радиоляриевый стандарт принадлежит бореальной области и в настоящее время может быть прямо, т.е. с использованием общих видов, скоррелирован с зональной шкалой единственного региона России — с зональной шкалой Русской платформы (Поволжье, Московская синеклиза [8]). Именно наличие общего кампанского зонального вида Prunobrachium crassum и Prunobrachium articulatum позволяет напрямую коррелировать только эти регионы.

Практически во всех схемах зональные виды являются местными. Только некоторые из этих видов выбраны зональными для других регионов: Lithostrobus rostovzevi Lipman и Crucella crux (Lipman) — индекс видами сантон-кампана умеренной и бореальной областей Русской плиты [8, 13], Crucella membranifera (Lipman) и Crucella quadrata (Lipman) — характерными

видами сантона умеренной и бореальной областей Восточной Европы [17], Lithostrobus rostovzevi Lipman и Prunobrachium mucronatum (Lipman) — индекс видами сантон-кампана умеренной и бореальной областей Русской плиты [8], Clathrocyclas gravis выбран зональным видом верхнего маастрихта Японии [18].

Но, возникает еще одна проблема – определение возрастного интервала зональных подразделений. Так, если возраст зонального подразделения Prunobrachium articulatum для Западной Сибири изначально предложен как верхний кампан [10], то зона Prunobrachium articulatum представляет нижнекампанскую зону у Э.О. Амона [1]. Зона Prunobrachium crassum для Западной Сибири, изначально предложенная как нижний кампан [10], в Уральском зональном радиоляриевом стандарте [1] представляет сантонскую зону, а у Э.В. Саркисовой [19] верхнекампанско-маастрихтскую, несмотря на то, что семейство Prunobrachidae вымерло на границе кампана и маастрихта. На Восточно-Европейской платформе этот зональный вид маркирует нижнекампанскую зону, что хорошо согласуется с данными по микрофоссилиям и макрофауне [5, 8]. Следовательно, обоснование границ имеет существенные расхождения. В связи с этим возникла необходимость повторного изучения радиоляриевых ассоциаций и ревизии видов позднего мела Западной Сибири с целью уточнения возраста [5-7]. С иными регионами России (Северный Кавказ, Корякское нагорье, Дальний Восток, Камчатка, Сахалин), другими регионами Евразии, а также с регионами других континентов и океанов корреляция Уральского зонального стандарта невозможна, можно предполагать только косвенные сопоставления, как отмечал сам автор схемы [1].

В Западной Сибири верхнемеловые радиолярии распространены в березовской и славгородской свитах, а также усть-маньинской и леплинской свите от Ямальско-Уренгойского района до Ханты-Мансийского включительно [9]. Однако, кроме радиолярий [19], породы леплинской свиты содержат богатый комплекс диатомовых и кремневых жгутиковых водорослей, анализ систематического состава которых расширяет стратиграфический диапазон леплинской свиты до начала палеогена. Тем не менее, на основании радиоляриевых данных леплинская свита относится к кампану-маастрихту [9].

Таким образом, нами был проведен анализ радиоляриевых ассоциаций из всех перечисленных свит. В результате проведенных исследований была предложена ревизия видов радиолярий из верхнемеловых отложений Западной Сибири.

Для березовского горизонта Западной Сибири может быть использован нижнекампанский комплекс с Prunobrachium crassum и верхнекампанский комплекс с Prunobrachium articulatum [10]. А также сантон-кампанский

комплекс радиолярий с Dictyomitra striata установленый для славгородской свиты [11], включающий два подкомплекс с Pseudoaulophacus triradiata [6] подкомплекс с Crucella lata [7]. Все зональные виды этих комплексов валидны, имеют изображения в оптическом и электронном микроскопе [5–7].

Таблица. Ревизованные виды радиолярий, используемые в зональных подразделениях верхнего мела.

Старое название вида	Новое название вида			
Amphibrachium mucronatum Lipm. A. concentricum Lipm. 1960 A. ornatum Lipman, 1960 A. spongiosum Lipman, 1960 Amphymenium sibiricum Lipman, 1960 Spongoprunum crassum Lipman, 1952 S. angustum Lipman, 1952 S. articulatum Lipman, 1952	Pseudobrachium mucronatum (Lipm., 1960) [5] Spongurus concentricum (Lipman, 1960) Ps. ornatum (Lipman, 1960) Spongurus spongiosum (Lipman, 1960) Prunobrachium sibiricum (Lipman, 1960) Prunobrachium crassum (Lipman) P. angustum (Lipman, 1952) P. articulatum (Lipman, 1952) [5]			
Histiastrum aster Lipman H. cruciferum Lipman H. membraniferum Lipman H. latum Lipman H. tetracanthum Lipman H. tumeniense Lipman Hagiastrum crux Lipman Tesserastrum quadratum Lipman	Crucella aster (Lipman) C. crucifera (Lipman) C. membranifera (Lipman) C. lata (Lipman) C. tetracantha (Lipman) C. tumeniensis (Lipman) C. crux (Lipman) C. quadrata (Lipman) [7]			
Euchitonia santonica Lipman Euchitonia triradiata Lipman Spongotripus aculeatus Lipman	Quasieuchitonia santonica (Lipman) Preudoaulophacus triradiatus (Lipman) Pseudoaulophacus aculeatus (Lipman) [6]			

Таким образом, верхнесантонская зона Prunobrachium crassum, выделяемая на Северном и Полярном Урале Э.О. Амоном [1], скорее всего, отвечает интервалу с кампанским комплексом Prunobrachium crassum (нижний кампан), предложенному для Сибири [10]. Комплекс Prunobrachium articulatum (верхний кампан), установленный в Западной Сибири, характерен для всех бореальных разрезов России [8]. Вероятно, к этому же интервалу принадлежат слои с Artostrobiidae, выделенные Саркисовой для Приполярных регионов Зауралья [19], Неоднозначность в трактовке выделенных подразделений указывает на необходимость ревизии зональных радиоляриевых схем.

Все радиоляриевые схемы, предложенные по радиоляриям для Западной Сибири существенно устарели. Предлагается изучить радиолярий в местонахождениях совместных с другой микро- и макрофоуной. Разработать новую схему с учетом ревизии видов, согласно современной классификации радиолярий [20], которая может стать практической основой для обновления региональных стратиграфических шкал Западно-Сибирского сектора России.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-05-00494), Программы фундаментальных исследований Президиума РАН "Происхождение и Развитие Биосферы".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Амон Э.О. Радиоляриевый зональный стандарт верхнего мела Урала // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2004. Т. 79. Вып. 2. С. 48–59.
- 2. Брагина Л.Г. Зональная схема меловых (альб-сантонских) отложений тетических районов Евразии по радиоляриям // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 2. С. 41–66.
- 3. Вишневская В.С. Радиоляриевая биостратиграфия юры и мела России. М.: ГЕОС, 2001. 376 с.
- 4. Вишневская В.С. Верхнемеловые радиолярии Восточно-Европейской платформы и их биостратиграфическое значение // Стратигр. Геол. корреляция. 2010. Т. 18. № 6. С. 49–77.
- 5. Ревизия радиолярий семейства Prunobrachidae Pessagno из коллекции Р.Х. Липман // Палеонтологический журнал. 2015. № 1. С. 12–20.
- 6. Вишневская В.С. Ревизия меловых видов родов Euchitonia Ehrenberg и Spongotripus Haeckel (Radiolaria) из коллекции Р.Х. Липман // Палеонтол. журн. 2016. № 1. С. 14–20.
- 7. Вишневская В.С. Ревизия радиолярий семейства Hagiastridae из коллекции Р.Х. Липман // Палеонтологический журнал. 2018. № 2. С. 16–23.
- 8. Вишневская В.С., Копаевич Л.Ф., Беньямовский В.Н., Овечкина М.Н. Корреляция верхнемеловых зональных схем Восточно-Европейской Платформы по фораминиферам, радиоляриям и нанопланктону // Вест. МГУ, сер. Геол. № 1. 2018. С. 26–36.
- 9 Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q41 Воркута. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. 541 с.
- 10. Козлова Г.Э., Горбовец А.Н. Радиолярии верхнемеловых и верхнеэоценовых отложений Западно-Сибирской низменности // Тр. ВНИГРИ. 1966. Вып. 248. 158 с.
- 11. Липман Р.Х. Позднемеловые радиолярии Западно-Сибирской низменности и Тургайского прогиба // Материалы по стратиграфии

- мезо-кайнозоя Тургайского прогиба, Северного Приаралья и Западно-Сибирской низменности. Л.: ВСЕГЕИ, 1962. С. 234—323 (Тр. ВСЕГЕИ. Т. 77).
- 12. Решения 5-го межведомственного регионального совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины (г. Тюмень, 14—18 мая 1990 г.). Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1991. 53 с.
- 13. Popova-Goll I.M., Vishnevskaya V., Baumgartner P. Upper Cretaceous (Santonian-Campanian) Radiolarians from the Voronezh Anticline, southwestern Russia // Micropaleontol. 2005. No. 51. P. 1–37.
- 14. Vishnevskaya V.S., De Wever P. Upper Cretaceous Radiolaria from the Russian Platform (Moscow Basin) // Rev. Micropaleontologie. 1998. V. 41. No. 3. P. 235–265.
- 15. Практическое руководство по микрофауне. Радиолярии мезозоя. СПб.: Недра, 1999. 272 с.
- 16. Лебедева Н. К., Кузьмина О. Б., Соболев Е. С., Хазина И. В. Новые данные по стратиграфии верхнемеловыхи кайнозойских отложений бакчарского железорудного месторождения (юг западной Сибири // Стратиграфия. Геологическая Корреляция. 2017. Т. 25. № 1. С. 62–84.
- 17. Ohmert W. Radiolarien-Faunen und Stratigraphie der Pattenau-Formation (Campanium bis Maastrichtium) im Helvetikum von Bad Tolz (Oberbayern) // Zitteliana. 2011. V. A51. S. 37–99.
- 18. Goričan Š., O'Dogherty L., Baumgartner P. O., Carter E. S., Matsuoka A. Mesozoic radiolarian biochronology–current status and future directions // Revue de Micropaléontologie. V. 61. 2018. P. 165–189.
- 19. Саркисова Э.В. Новые данные о позднемеловых (кампан-датских) радиоляриях восточного склона Северного Урала // Литосфера. 2005. № 1. С. 96–108.
- 20. O'Dogherty L., Carter E.S., Dumitrica P. et al. Catalogue of Mesozoic radiolarian genera. Part 2: Jurassic-Cretaceous // Geodiversitas. 2009. V. 31. P. 271–356.

A brief overview of the zonal scales developed for the territory of Russia by different specialists at different times since the end of the fifties is given. It is shown that there is no single zonal standard that is valid or applicable throughout Eurasia, and all schemes proposed by radiolarians for Western Siberia are significantly outdated. Possible correlations of existing schemes with scales for other groups of microfossils and with an ifrazonal scale for macro fauna are considered.

Вологина Е.Г.¹, Кулагина Н.В.¹, Астахов А.С.², Колесник А.Н.², Босин А.А.²

 $(^{1}$ Институт земной коры CO PAH, г. Иркутск, e-mail: vologina@crust.irk.ru; 2 Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, e-mail: astakhov@poi.dvo.ru)

Некоторые результаты исследования поверхностных донных отложений южной части Чукотского моря Vologina E.G.¹, Kulagina N.V.¹, Astakhov A.S.², Kolesnik A.N.², Bosin A.A.²

(¹Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk; ²Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok)

Some results of the study of surface bottom sediments of the southern part of the Chukchi Sea

Ключевые слова: Чукотское море, донные отложения, магнитная восприимчивость, палинологический анализ.

Выполнено изучение донных отложений из южной части Чукотского моря. Осадки представлены алевритами и песчаными алевритами. Повышенные значения магнитной восприимчивости соответствуют более крупнозернистым отложениям нижней части колонки. Палинологический анализ указывает на незначительные колебания климата при образовании изученных осадков.

Колонка LV83-1-2 (длина 35.5 см) была отобрана в южной части Чукотского моря в точке с координатами 170°56.3071 з.д. и 67°29.4580 с.ш. (рисунок). Выполнено предварительное изучение отложений – просмотрены смерслайды, измерена магнитная восприимчивость, проведён палинологический анализ.

Описание смер-слайдов выполнялось с помощью светового микроскопа марки SK14 (увеличение х 100) и включало качественную оценку гранулометрического состава терригенной составляющей осадков и определение наличия диатомовых водорослей, спикул губок и др. Всего просмотрено 34 смер-слайда.

Магнитная восприимчивость отложений измерена с шагом 1 см с использованием поверхностного зонда марки Bartington GT-2.

Палинологический анализ проведен с шагом опробования 2 см по общепринятой методике. Пробы обрабатывались 5% соляной кислотой (HCl). Органическая часть, содержащая пыльцу и споры, отделялась кипячением в 10% растворе едкого калия (КОН) с последующей мацерацией в тяжелой кадмиевой жидкости и доработкой плавиковой кислотой (HF). Всего исследовано 18 образцов.

Отложения представлены алевритом с примесью пелита и песка в верхней части разреза (0–14 см) и песчаным алевритом с примесью пелита – в нижней (14–35.5 см). Песок главным образом тонко- и мелкозернистый, в нижней части колонки встречаются зёрна среднезернистого песка. Биогенная часть осадков состоит из створок диатомей и редких спикул губок (целые спикулы и их обломки).

Магнитная восприимчивость (МВ) варьирует по разрезу. В самой верхней части колонки (0–5 см) МВ не превышает $5\cdot 10^{-6}$ единиц СИ. Ниже по разрезу значения МВ возрастают. В интервале 5-26 см они изменяются от 8 до $23\cdot 10^{-6}$ единиц СИ и достигают максимальных значений (до $29\cdot 10^{-6}$ единиц СИ) на глубине 26-35.5 см от поверхности керна. Таким образом, повышенные значения магнитной восприимчивости соответствуют более крупнозернистым осадкам колонки.

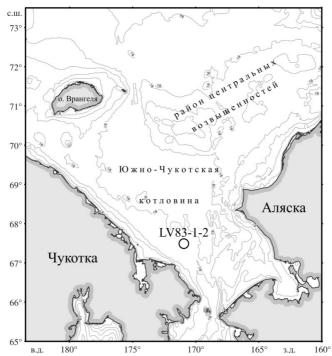


Рисунок. Схема Чукотского моря с точкой отбора колонки LV83-1-2.

Содержание спор и пыльцы колеблется от 305 до 505 зерен. В среднем по керну в общем составе спектров древесные составляют 29–45%, кустарники – 4–19%, травы – 11–25%, споры – 26–47%. Таким образом, пыльца деревьев значительно уступает недревесным. Наблюдаемые изменения в составе спектров свидетельствуют о незначительных колебаниях климата

и характеризуют тундровые и лесотундровые обстановки на окружающей море суше. Учитывая маломощность и вероятно небольшой возраст отложений, вскрытых керном LV83-1-2, результаты анализа в некоторой степени искажены существенным содержанием пыльцы хвойных пород, за исключением кедровидных сосен, пыльца которых, вернее всего, относится к кедровому стланику. В голоценовых осадках южной части Чукотского моря также отмечается присутствие пыльцы сосен и ели [1]. Источником поступления в верхние части морских донных отложений пыльцы хвойных, особенно ели, является, вероятно, привнос течениями из Берингова моря, реками (в т.ч. и переотложенных форм) и ветровой занос с побережий. Поступление осадочного вещества с течениями через Берингов пролив в Чукотском море также определяется специфичным составом глинистых минералов [2] и по разносу искусственных радионуклидов [3].

Работа выполнена в рамках госзадания ИЗК СО РАН и ТОИ ДВО РАН (проекты № 0346-2019-0005 и АААА-А17-117030110033-0) при поддержке РФФИ (грант № 18-05-60104-Арктика).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гусев Е.А., Аникина Н.Ю., Деревянко Л.Г. и др. Развитие природной среды южной части Чукотского моря в голоцене // Океанология. 2014. Т. 54. № 4. С. 505–517.
- 2. Stein R., Fahl K., Schade I. et al. Holocene variability in sea ice cover, primary production, and Pacific-Water inflow and climate change in the Chukchi and East Siberian Seas (Arctic Ocean) // Journal of Quaternary Science. 2017. V. 32 (3). P. 362–379.
- 3. Vologina E.G., Sturm M., Astakhov A.S., Shi Xuefa Anthropogenic traces in bottom sediments of Chukchi Sea // Quaternary International. Available online 5.07.2019 https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.07.008

A study of bottom sediments from the southern part of the Chukchi Sea was carried out. The sediments are represented by silt and sandy silt. Increased values of magnetic susceptibility correspond to coarser sediments of the lower part of the core. A palynological analysis indicates slight variations in climate during the formation of the sediments.

Гаврилов Ю.О., Щербинина Е.А., Щепетова Е.В., Голованова О.В., Покровский Б.Г.

(Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: yugavrilov@gmail.com)

Динамика развития биосферного пограничного мелпалеогенового события в различных осадочных бассейнах СВ Перитетиса: биота, геохимические и тектонические аспекты

Gavrilov Yu.O., Shcherbinina E.A., Shchepetova E.V., Golovanova O.V., Pokrovsky B.G.

(Geological Institute RAS, Moscow)

Environmental dynamics during biospheric Cretaceous/ Tertiary boundary event in the different sedimentary basins of the NE Peri-Tethys: biota, geochemistry and tectonic activity

Ключевые слова: Мел/палеогеновая граница, СВ Кавказ, наннопланктон, геохимия, минералогия глин, палыгорскит, копролиты, экологический стресс, эвстатика

Проведены комплексные литолого-геохимические исследования отложений, приуроченных к границе мела и палеогена (К/Т) на СВ Кавказе и которые накапливались в различных седиментационных зонах палеобассейна. Анализ распределения наннопланктона позволил уточнить положение границы и выявить интервал отложений (переходная зона 1–2.5м), образование которых происходило в палеоэкологически стрессовых для биоты обстановках. Установлено значительное по амплитуде падение уровня моря в начале К/Т события, что привело к локальному размыву и переотложению маастрихтских карбонатных отложений. Среди глинистых минералов переходной зоны установлен пальпорскит; в слое глин на эродированной кровле маастрихтских известняков обнаружены скопления копролитов (Decapoda?), а также округлые включения, которые, очевидно являются микроконкрециями; свидетельства их импактной природы отсутствуют. Изученные разрезы имеют сходство с разрезами этого события на смежных территориях СВ Перитетиса (Туркменистан, Мангышлак). Установлено возрастание тектонической активности во время К/Т события в пределах Вост. Кавказа и других районах мира.

В работах, посвященных биосферным перестройкам в фанерозое [2, 3 и др.], отмечалось, что существуют два сценария события, произошедшего на границе мела и палеогена: один из них предполагает связь биотического кризиса с импактным событием – падением на Землю крупных космических тел [5 и др.], согласно другому – причиной биотических изменений был комплекс факторов, таких как климатические флуктуации, эвстатические колебания уровня моря, вулканизм, биологическая конкуренция, изменения палеогеографии и др. [3]. Полученные нами результаты изучения разрезов Дагестана («Охли» и «Губден») позволяют рассматривать второй

сценарий, как наиболее подходящий для интерпретации литологических, геохимических и биотических характеристик этих пограничных отложений.

Прежде всего, структура пограничного интервала, характер контактов слоев и их литологический состав указывают на то, что мел/палеогеновое событие сопровождалось существенным падением уровня моря. В [7] его магнитуда оценивалась в несколько десятков метров. Литологические признаки масштабного понижения уровня моря прослеживаются во всех разрезах, хотя и отличаются несколько друг от друга, что связано с геоморфологическими особенностями дна палеоводоема. К концу мелового периода на территории Восточного Кавказа сформировалась система крупных конседиментационных складок, которые в рельефе дна были выражены в виде системы валообразных поднятий. На северо-восточном крыле одного из таких поднятий накапливались отложения, вскрываемые в разрезе «Охли». Падение уровня моря привело к размыву некоторой части известняков маастрихта и образованию пачки (0,8 м), сложенной преимущественно продуктами размыва и переотложения этих известняков, в том числе их обломками размером в несколько дециметров. Причем, глинистый прослой, залегающий на эродированной кровле маастрихта, как показали специальные исследования В.А. Дрица с коллегами [6], имеет вполне земное, а не импактное происхождение. Микрозондовые исследования многочисленных эллипсоидальных и округлых включений в глинистом слое показывает, что подавляющее их большинство представляет собой продукты диагенетического метасоматического замещения различными минералами копролитов; в ряде случаев они представляют собой диагенетические микроконкреции. Локальные повышенные содержания в красноватых линзах платиноидов, и в частности иридия, также, по нашему мнению, являются результатом также диагенетического перераспределения этих элементов в глинистом прослое, первоначально представлявшим собой продукт эксплозивной вулканической деятельности.

В зоне развития внутрибассейновых поднятий в результате масштабной регрессии очевидно могли возникать полуизолированные участки моря с затрудненным с остальной частью водоема водообменом. Здесь вследствие эвапоритового процесса повышалась соленость вод и возникали благоприятные условия для образования магнезиальных силикатных минералов (разрез «Охли»). В дальнейшем, подъем уровня моря на фоне датской трансгрессии привел к улучшению водообмена между разными частями палеоводоема и образование палыгорскита прекратилось.

В разрезе «Губден», отложения которого накапливались на некотором удалении от внутрибассейновых поднятий, также уверенно фиксируется поверхность размыва известняков маастрихта, на которую налегает глинистый слой. Залегающие над ним отложения (пачка толщиной около 2,5 м), видимо также представляют собой в основном продукты размыва

меловых толщ, но сколько-нибудь крупных обломков в них нет. Причем осадки этого разреза накапливались в условиях открытой, не изолированной части водоема и магнезиальных силикатов здесь не обнаружено.

Достаточно очевидно, что масштабное падение уровня моря должно было повлечь за собой ряд палеоэкологических изменений: по крайней мере локальное изменение солености морских вод, обмеление водоема приводило к более быстрому прогреванию вод бассейна и, соответственно, увеличению их температуры, изменение системы течений, поступление в водоем значительных масс осадочного материала (взвеси) с освобожденных от моря участков суши вследствие размыва нелитифицированных отложений и — как следствие — заметное повышение мутности вод и т.д. Всё это могло оказывать на обитавшую в бассейне биоту негативное влияние. Исследования дагестанских разрезов свидетельствуют о том, что пограничный К/Т интервал, скорее всего, характеризуется стрессовыми для наннопланктона условиями, резко усилившимися в переходном мел-палеогеновом интервале. При этом восстановление нормальных обстановок происходило крайне медленно: обедненные ассоциации наннопланктона просуществовали в бассейне почти 1 млн. лет после вымирания меловых видов.

Граница К/Т в разрезах Восточного Кавказа знаменуется достаточно резким изменением режима седиментации. Падает (уменьшается) карбонатная составляющая в породах, т.е. происходит смена известняков на глинистые известняки и мергели (рисунок). Этим обстоятельством определяются изменения форм рельефа – от контрастных форм, характерных для маастрихтских толщ (крутые, часто вертикальные обрывы), к гораздо более пологим, сглаженным, присущим палеогеновым отложениям. Отчасти это определяется падением биопродуктивности карбонатного планктона вследствие вымирания некоторых его представителей.

На территории Северного Перитетиса и в относительной близости от Кавказского региона отложения пограничного мел/палеогенового интервала детально изучались А.С. Алексеевым, Д.П. Найдиным и др. в разрезах южной Туркмении [1] и Мангышлака [4]. По результатам исследования разрезов Туркмении А.С. Алексеевым с соавторами был сделан вывод о ступенчатом вымирании типичных меловых групп организмов, причем на уровнях более высоких, чем слой, принимавшийся тогда в качестве границы мела и палеогена. В частности, последний фрагмент аммонита был найден в 0,3 м выше границы, типичные меловые формы планктонных и бентосных фораминифер исчезают в интервале 5.0-6.5 м от подошвы дания, а появление датского комплекса известкового наннопланктона происходит примерно в 2.5 м выше этой подошвы. Причем авторы предполагают, что эти организмы пережили пограничные события, а их присутствие в нижних слоях дания не было следствием их переоложения. Как отмечается в [4] в разрезах Мангышлака в основании Дания выделяется апланктонная зона, где

полностью отсутствуют раковины планктонных фораминифер (ее мощность в разрезе Кызылсай ~ 1.5 м, в разрезе Кошак — до 2.5 м); эта зона выделяется также в ряде других регионов мира. С высокой степенью вероятности апланктонная зона в закаспийских разрезах соответствует «переходной зоне» в разрезах Дагестана.

В разрезах пограничного интервала – при переходе от мела к палеогену наблюдаются заметные изменения в поведении δ^{13} C, δ^{18} O, а также уменьшается содержание в породах CaCO3 (примерно на 20%).

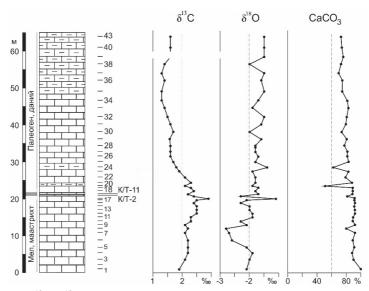


Рисунок. δ^{13} С, δ^{18} О, CaCO3 в отложениях пограничного мел/палеогенового интервала разреза «Охли» (Дагестан)

Формирование отложений самых верхов маастрихта и низов дания происходило в сейсмически неспокойной обстановке: многочисленные свидетельства нарушений первичного залегания слоев наблюдаются в разных разрезах региона. Объяснить наблюдаемые нарушения только накоплением осадков в мелководных обстановках под воздействием активной гидродинамики довольно трудно, в то время как связь этих дислокаций с сейсмическими событиями представляется наиболее реалистичной. Приуроченность процессов тектонической активизации к временному интервалу мел-палеогеновой границы отмечается также в некоторых других регионах Земли.

Работа выполнена в соответствии с госзаданием Геологического института РАН (№ 0135-2019-0070), полевые исследования проводились при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Алексеев А.С., Назаров М. А., Барсукова Л. Д. и др. Граница мела и палеогена на юге Туркмении и ее геохимическая характеристика // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1988. Т. 63. Вып. 2. С. 55–69.
- 2. Ахметьев М.А., Александрова Г.Н., Беньямовский В.Н. и др. Причинноследственные связи и факторы глобальных биосферных перестроек в фанерозое // Проблемы зарождения и эволюции биосферы / Под ред. Э.М. Галимова. М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2008. С. 509–529.
- 3. Красилов В.А. Модель биосферных кризисов // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы (Вып. 4) / Под ред. А.Г. Пономаренко, А.Ю. Розанова, М.А. Федонкина. М.: ПИН РАН, 2001. С. 9–16.
- 4. Найдин Д.П. и др. Граница маастрихт-даний в разрезе Кызылсай (Мангышлак) и некоторые особенности этого рубежа // Докл. АН СССР. 1982. Т. 267. № 1. С. 177–180.
- Alvares L.W., Alvares W., Aasro F., Michel H.V. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction // Science. 1980. V. 208. № 4448. P. 1095– 1108.
- 6. Drits V.A., Lindgreen H., Sakharov B.A. et al. The detailed structure and origin of clay minerals at the Cretaceous/Tertiary boundary, Stevns Klint (Denmark) // Clay Minerals. 2004. V. 39. P. 367–390.
- Haq B.U. Cretaceous eustasy revisited // Global Planet. Change. 2014. V. 113. P. 44–58.

The Cretaceous/Paleogene (K/T) boundary interval was studied in sections of the northeastern Caucasus. The sediment successions represented in these sections were accumulated in different zones of the paleobasin and distinguished by their lithological and geochemical characteristics. The high-resolution study of nannofossils revealed very gradual changes in nannoplankton community at the K/T transition. The nannofossil assemblage becomes poor from the level ca. 4 m below K/T boundary and it is very scarce in the last 2.5 m of uppermost Maastrichtian. The significant sea-level fall is evidenced in the beginning of this event. It led to erosion and redeposition of Maastrichtian calcareous sediments within the transitional zone in Okhli section. The clay mineral assemblage in this interval contains palygorskite. The coprolites (Decapoda?) and microspherulas (diagenetic microconcretions) with higher content of some trace elements were found within the small red lenses at the base of the clay layer overlying the Maastrichtian erosional surface. The reliable evidence of impact event are not recognized. The evolutional trends which are recorded within the K/T transitional interval in northeastern Caucasus are similar to trends recognized in studied sections of this event on the adjacent territories of the Northern Peri-Tethys. There is evidence of increased tectonic activity during this event within the Eastern Caucasus and some other parts of the world.

Гладенков А.Ю.

(Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: agladenkov@ilran.ru)

Находки наиболее представительных комплексов морских олигоценовых диатомей в разрезах Камчатки Gladenkov A.Yu.

(Geological Institute RAS, Moscow)

Finds of the most representative marine Oligocene diatom assemblages in Kamchatka sections

Ключевые слова: Камчатка, олигоцен, морские диатомовые водоросли, локальные биостратиграфические зоны

Представлены данные по олигоценовым комплексам диатомей, выделенным в разрезе морского кайнозоя Запалной Камчатки в бухте Квачина. Характеризуются установленные локальные биостратиграфические зоны. Изученные комплексы диатомей по полноте и палеонтологической характеристике являются наиболее представительными из ассоциаций олигоцена, известных в разрезах Камчатки.

Кайнозойские осадочные и вулканогенно-осадочные толщи широко развиты в пределах Камчатского региона. Их фациальный состав и мощность в разных районах Камчатки и ее шельфовых зон значительно отличаются. Поэтому датирование и обоснованная корреляция третичных отложений чрезвычайно важны для исследований геологического строения региона. При решении задач по стратиграфическому расчленению и определению возраста кайнозойских толщ большое значение имеют данные по микропланктонным организмам, которые позволяют выделять дробные биостратиграфические подразделения и проводить корреляцию вмещающих отложений удаленных разрезов. В этом отношении к одной из основных палеонтологических групп относятся морские диатомеи – микроводоросли с кремнистым панцирем. К настоящему времени для олигоценовыхчетвертичных отложений Северной Пацифики разработана океаническая зональная шкала по диатомеям, включающая более 20 зон [1, 3, 4, 6 и др.]. В целом, в качестве основы она используется и при оценке возраста диатомовых ассоциаций, изучаемых в толщах окраинноморских и наземных разрезов морского кайнозоя Северотихоокеанской области, в частности, Камчатки. При этом, однако, до последнего времени проследить в них последовательность представительных олигоценовых и раннемиоценовых ассоциаций не удавалось. В этой связи большой интерес представляют новые материалы, которые удалось получить при изучении ископаемых диатомей в одном из опорных стратиграфических разрезов морского кайнозоя Западной Камчатки - в районе бухты Квачина (Рис. 1). В разрезе представлена практически непрерывная последовательность терригенных отложений

(относимых к тигильской и белесоватой толщам, а также кавранской серии) от палеогена до нижнего миоцена, с общей мощностью около 500 м [2].



Рисунок 1. Географическое положение бухты Квачина (стрелка), где представлен один из опорных разрезов морского кайнозоя Западной Камчатки

Врезультате обработки собранного автором материала остатки диатомовых обнаружены в стратиграфическом интервале, охватывающем верхнюю часть разреза (около 300 м), которая относится к верхней части белесоватой толщи и самой нижней части кавранской серии (Рис. 2). При изучении ископаемой флоры в ее составе обнаружены виды морских диатомей, представляющих важность при определении возраста вмещающих отложений. На основе анализа стратиграфического распространения таксонов в разрезе выделена последовательность биостратиграфических подразделений. Они отнесены к локальным зонам (лонам) по диатомеям, которые характеризуются различным таксономическим составом палеонтологических комплексов. Выделены семь лон (стратиграфически снизу вверх): 1) лона Odontella sawamurae, 2) лона Rhizosolenia oligocaenica, 3) лона Thalassiosira nansenii, 4) лона Cestodiscus kugleri, 5) лона Lisitzinia оглаtа, 6) лона Rocella gelida и 7) лона Thalassiosira cf. praefraga. Их границы проведены по уровням появления в разрезе маркирующих видов (Рис. 2).

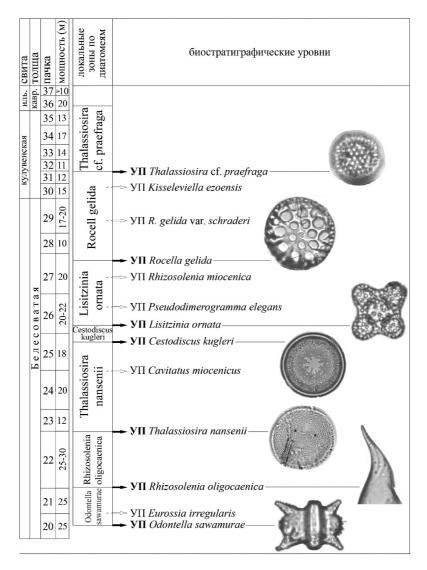


Рисунок 2. Локальные зоны по диатомеям, выделенные в разрезе морского кайнозоя бухты Квачина, Западная Камчатка

УП – уровень появления в разрезе; иль. – ильинская: кавр. – кавранская

Прямое сопоставление установленных лон с зонами Северной Пацифики сталкивается с определенными трудностями. Это объясняется тем, что палеонтологические комплексы, характеризующие лоны, в определенной

степени отличаются от таковых зональных подразделений. В частности, это может быть связано с различными условиями формирования одновозрастных диатомовых ассоциаций и спецификой осадконакопления в открытом океане и восточной части пра-Охотского моря. Тем не менее, в составе выделенных в разрезе диатомовых ассоциаций отмечено достаточном ного стратиграфически важных видов, которые позволяют подойти к корреляции с зональной шкалой и определению возраста вмещающих отложений. К таким таксонам относятся, например, Odontella sawamurae, Ikebea tenuis, Kisseleviella carina, K. ezoensis, Cavitatus jouseanus, C. miocenicus, Rhizosolenia oligocaenica, Rh. miocenica, Eurossia irregularis, Thalassiosira nansenii, Asteromphalus symmetricus, Cestodiscus kugleri, C. trochus, Pseudodimerogramma elegans, Ps. filiformis, Sceptroneis tenue, Sc. humuncia, Sc. humuncia var. rondipoda, Rhaphoneis angulata, Lisitzinia ornata, Rocella gelida, R. gelida var. schraderi и др. Анализ данных по их стратиграфическому распространению в различных регионах дал возможность наметить сопоставление характеризующих лоны ассоциаций с комплексами северотихоокеанских зон нижнего олигоценанижнего миоцена (зон Rhizosolenia oligocaenica, Rocella vigilans, Cavitatus rectus. Rocella gelida и Thalassiosira praefraga). Это позволило подойти к сопоставлению лон с Международной стратиграфической шкалой [5] и оценке возраста отложений разреза бухты Квачина, охарактеризованных диатомеями. В результате сделан вывод, что породы, в которых выделены локальные зоны Odontella sawamurae, Rhizosolenia oligocaenica, Thalassiosira nansenii, Cestodiscus kugleri и Lisitzinia ornata могут датироваться в пределах раннего олигоцена (от средней части рюпельского яруса до конца рюпеля); лона Rocella gelida – в пределах позднего олигоцена (хаттский ярус, без его терминальной части); а лона Thalassiosira cf. praefraga – в пределах конца позднего олигоцена - раннего миоцена. Граница между нижним и верхним олигоценом (рюпельским и хаттским ярусами, 28.1 млн лет) может проходить вблизи кровли лоны Lisitzinia ornata, а между верхним олигоценом и нижним миоценом (хаттским и аквитанским ярусами, 23.01 млн лет) – в нижней части лоны Thalassiosira cf. praefraga.

Необходимо специально отметить, что целый ряд таксонов, в том числе стратиграфически важных, обнаружен в разрезах Западной Камчатки впервые. Это относится к находкам Rocella gelida var. schraderi, R. praenitida, Lisitzinia ornata, Thalassiosira nansenii, Th. irregulata, Asteromphalus symmetricus, Pseudodimerogramma elegans, Ps. elliptica, Eurossia irregularis, Rhizosolenia oligocaenica. Rh. miocenica, Sceptroneis humuncia, Sc. humuncia var. rondipoda и др. Примечательным является высокий процент сходства таксономического состава с одновозрастными ассоциациями Норвежско-Гренландского бассейна. Следует также подчеркнуть, что изученные в разрезе бухты Квачина олигоценовые комплексы диатомей по полноте и

палеонтологической характеристике являются наиболее представительными из всех известных на сегодняшний день ассоциаций этого возраста в разрезах не только Камчатки, но и районов обрамления северо-западной части Пацифики в целом. В разрезе выявлена последовательность смыкающихся между собой биостратиграфических подразделений (локальных зон). Последние характеризуются различными по составу ископаемыми комплексами диатомей, остатки которых, в целом, имеют хорошую степень сохранности. Это позволяет говорить о том, что в отношении диатомей олигоцена-раннего миоцена изученный в бухте Квачина разрез может считаться уникальным опорным разрезом Камчатки. Полученные данные позволяют существенно дополнить представления об особенностях развития и роли диатомовой флоры в кайнозойских экосистемах Северной Пацифики и ее обрамления.

Работа выполнена по теме госзадания ГИН РАН № 0135-2019-0057 и при поддержке проекта РФФИ № 19-05-00361.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гладенков А.Ю. Детальная стратиграфия и морские экосистемы позднего кайнозоя севера Тихоокеанского региона (по диатомеям). М.: ГЕОС, 2007. 296 с.
- 2. Гладенков Ю.Б. Расчленение опорного разреза кайнозоя бухты Квачина Западной Камчатки и проблемы его корреляции // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 6. С. 101–113.
- 3. Barron J.A., Gladenkov A.Y. Early Miocene to Pleistocene diatom stratigraphy of Leg 145 // Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995. V. 145. P. 3–19.
- 4. Gladenkov A.Y., Barron J.A. Oligocene and Early Miocene diatom biostratigraphy of Hole 884B // Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995. V. 145. P. 21–41.
- 5. Ogg J.G., Ogg G.M., Gradstein F.M. Concise Geologic Time Scale 2016. Elsevier, 2016. 229 p.
- Yanagisawa Y., Akiba F. Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons // Jour. Geol. Soc. Japan. 1998. V. 104. № 6. P. 395–414.

Data on Oligocene diatoms from the Cenozoic marine section of West Kamchatka at the Kvachina Bay are presented. Proposed local biostratigraphic zones are characterized. In their entirety and paleontological characteristic studied assemblages are the most representative among all Oligocene assemblages known from sections in Kamchatka.

Гладенков Ю.Б.

(Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: gladenkov@ginras.ru)

Геологические формации кайнозоя в активной переходной зоне Северо-Западной Пацифики (опыт их детального стратиграфического расчленения и расшифровка палеогеографических сценариев)

Gladenkov Yu.B.

(Geological Institute RAS, Moscow)

Cenozoic geological formations in the active transitional zone of the North-Western Pacific (experience of their detailed stratigraphical subdivision and deciphering paleogeographical scenarios)

Ключевые слова: Северная Пацифика, геосинклинальные формации, события, морские проливы, биотические сообщества

Геологические формации кайнозоя окраин Северной Пацифики в последнее время получили более дробную, чем раньше, характеристику. Прежде всего, это касается Камчатки и Сахалина. Изучение этих формаций в отдельных тектонических структурах с использованием мультидисциплинарного подхода позволило подойти к расчленению древних образований с новых позиций.

В последнее время стратиграфическая тематика по кайнозою Северопацифического региона в печати освещается относительно слабо. Причиной этого является сокращение геологических работ в этом регионе. Между тем кайнозойские толщи развиты здесь очень широко и остаются далеко неизученными. Осадочные формации, среди которых преобладают шельфовые образования, здесь характеризуются несколькими особенностями: большой мощностью (до 5-10 км), фациальным разнообразием, присутствием среди терригенных толщ значительного количества вулканического материала и обычно сильной дислоцированностью. Их расчленение в пределах Камчатки и Сахалина проводилось ранее с большим трудом. В последние годы благодаря мультидисциплинарным исследованиям удалось решить многие стратиграфические вопросы по-новому. Этому способствовало детальное изучение более 20 опорных разрезов.

Впервые здесь послойно были изучены свиты и горизонты с богатыми биокомплексами. Среди последних выделяются, с одной стороны, бентосные общества (моллюски и фораминиферы), с другой - планктонные комплексы (фораминиферы, диатомовые, диноцисты). Это позволило расчленить мощные толщи древних шельфов на 12–14 региоярусов (или горизонтов) и протрассировать их с юга на север на 3.5

тыс. км от Северной Японии и Сахалина до Камчатки, Чукотки и Аляски. С другой стороны, впервые на основе планктонных групп были намечены в стратиграфической последовательности разного типа зоны (по диатомовым, диноцистам и фораминиферам), которые помогли осуществить с большой точностью корреляцию региональных подразделений с Международной стратиграфической шкалой. Впервые были намечены реальные границы практически всех ярусов палеогена и неогена. Использование изотопных и палеомагнитных данных сделало эти построения более обоснованными, чем раньше [1].

На базе собранных данных были выявлены следы региональных геологических событий, a также осуществлены палеогеографические реконструкции. Среди палеособытий обращает на себя внимание, например, перестройка палеоклиматических обстановок в раннем эоцене (ипрское время), когда проявилось самое заметное в кайнозое потепление, которое сопровождалось миграциями тепловодной биоты с севера на юг. Вторым глобальным и региональным палеоклиматическим событием являлось относительное похолодание в олигоцене, которое привело к формированию морской биоты нового - бореального типа. Вместе с этим, важным геологическим событием была фаза тектогенеза начала среднего эоцена, которая проявилась в существенной дислокации древних формаций мела, палеоцена и нижнего эоцена и существенном изменении палеогеографических обстановок (в частности, к этому времени относится появление важных структур - основной части охотоморской акватории, Алеутской дуги и проч.) Она сменилась широкомасштабной трансгрессией среднеэоцен-олигоценового времени, охватившей многие регионы данной области. На фоне всех этих событий следует отметить крупные перестройки палеобиотических сообществ и их миграции в пределах Северо-Тихоокеанского бассейна.

Одной из ярких иллюстраций миграционных процессов прошлого может служить история Берингова пролива [2]. Известно, что в течение почти 100 млн лет, начиная с раннего мела, Евразия и Северная Америка представляли собой единый суперконтинент. На месте современного Берингова пролива существовал Берингов мост, который служил местом миграции для наземных животных и растений из Старого Света в Новый и наоборот. Появление Берингова пролива в самом конце миоцена способствовало существенному изменению гидрологии неогеновых бассейнов, возникновению новых миграционных путей морских организмов и сменам палеогеографических ситуаций. В частности, следствием возникновения пролива была миграция морской биоты тихоокеанского происхождения в Арктический океан и через него в Северную Атлантику. Это отразилось в появлении тихоокеанских моллюсков в плиоценовых разрезах Исландии и Англии. С другой стороны,

элементы арктической и североатлантической фауны мигрировали в северотихоокеанский бассейн, где они получили распространение на Аляске, Камчатке, Сахалине и в Северной Японии. Находка на Аляске в образце с арктическими моллюсками комплекса диатомей достаточно узкого временного интервала позволяет определить время раскрытия Берингова пролива около 5-4 млн лет назад.

Работа выполнена по теме госзадания ГИН РАН № 0135-2019-0057 и при поддержке проекта РФФИ № 19-05-00361.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гладенков Ю.Б., Гладенков А.Ю., Бордунов С.И. и др. Опорный разрез кайнозоя Западно-Камчатской структурно-формационной зоны. М.: Геокарт; ГЕОС, 2018. 202 с.
- Gladenkov Yu., Gladenkov A. Role of the Bering Strait in migrations of the Arctic and Pacific biotic assemblages in the Neogene // 3rd International Congress on Stratigraphy, 2–5 July 2019, Milano, Italy. Abstract Book. Roma: Società Geologica Italiana, 2019. P. 332.

Lately Cenozoic geological formations of the North Pacific margins have received more detailed characterization than earlier. It concerns Kamchatka and Sakhalin first of all. Multidisciplinary investigations of these formations in some tectonic structures allow new approaches to subdivision of the old strata.

Голованова О.В.

(Геологический институт РАН. г. Москва, e-mail: golovanova2000@mail.ru)

Характер и обстановки обогащения кремнистым веществом отложений нижнего эоцена Центрального Предкавказья (разрез р. Хеу)

Golovanova O.V.

(Geological Institute RAS, Moscow)

Nature and conditions of silica-enrichment in lower-eocene layers of Central Pre-Caucasus (Kheu section)

Ключевые слова: кремненакопление, цеолиты, изотопы кислорода и углерода, микробиальные сферулы, Предкавказье.

Рассматривается один из ярких эпизодов кремненакопления позднего палеоцена — раннего эоцена в Центральном Предкавказье. Комплексом полевых и лабораторных методов в породах определены различные формы кремнезема, цеолиты, C-SiO₂-Ca состава, предположительно микробиальные сферулы, четкий изотопно-кислородный сдвиг, близкий к таковому Палеоцен-Эоценового Термального Максимума (РЕТМ).

В контексте развития представлений о глобальных пертурбациях мела-палегена изучается абазинская свита нижнего эоцена Центрального Предкавказья, залегающая между отложениями нальчикской и черкесской свит. К верхней части нальчикской свиты приурочен сапропелитовый горизонт (СГ) с отрицательным весьма значительным изотопным экскурсом (и по $\delta18O$, и по $\delta13C$), сформировавшийся в ходе глобального биосферного события РЕТМ (Палеоцен-Эоценовый Термальный Максимум) [1]. Выше по разрезу, в отложениях эоцена выявляется еще несколько уровней флюктуаций литолого-геохимических характеристик, образования сапропеля, повышения содержания кремнезема, а также бентонитовые прослои [Sherbinina et. al, in print].

В изучаемом разрезе р. Хеу (опробование производилось Ю.О. Гавриловым и Е.А. Щербининой) абазинская свита выделяется литолого-фациальным составом и обогащенностью кремнистым веществом. Она отличается линзовидно-пластовым залеганием, характерным для относительно мелководных шельфовых толщ. Это, вероятно, объясняет тот факт, что данные о распространении абазинской свиты по площади в литературе несколько противоречивы, также, как и о ее возрасте, составе и строении [2–4]. Вопросы состава, распространения и формирования абазинской свиты еще не решены, несмотря на достаточно длительный процесс изучения, определенный научный и практический интерес

Изучение разреза нами проводилось комплексом полевых и лабораторных, главным образом, прецизионных методов в лабораториях Геологиче-

ского института РАН: оптической и электронной микроскопии, дифрактометрии, рентген-флуоресцентной спектрометрии, масс-спектрометрии.

В разрезе абазинской свиты р. Хеу, по нашим данным, общая мощность составляет около 20 м. Свита представлена пластами переслаивающихся голубовато-зеленовато-серых кремнистых глин: более крепких, массивных "звонких" и менее прочных распадающихся по напластованию вплоть до тонкопластинчатых фрагментов, размокающих в воде (с увеличеним объема). Мощность прослоев составляет от 0,05–0,1м до 0,2–0,5м. На макро-уровне определяется множество конкреций, стяжений (кремнистого, пиритового, кальцитового, баритового состава) разных фаз генерации при диагенезе, бугристой формы и гладких, единичных, выстраивающихся в цепочку, образующих целые слои. Широко распространены результаты жизнедеятельности организмов – целые системы биотурбации, "трубочки", скопления пиритизированных пеллет и многие другие.

По данным исследования прозрачных шлифов, порода пелитовая, составленная волокнистыми и чешуйчатыми частицами, с содержанием 10–30% микрогранобластового халцедона, умеренно биотурбированная, частично сохраняющая тонкую слоистость (за счет последовательно-пульсирующего наслоения), содержащая от 5–7% до 10–15% радиолярий, фораминифер и других, плохо сохранившихся и трудно идентифицируемых видов, целых раковинок и биокластов, выполненных опалом, мелкокристаллическим (тонковолокнитсого погасания) халцедоном и глобулярным пиритом, имеющая незначительное содержание материала алевритовой размерности, а также тонкий зоо- и фитодетрит, глауконит, хлорит (все — по 1–2%).

Дифрактометрическим методом (D8 Advance "Bruker", лаборатория физических методов исследования породообразующих минералов, ГИН РАН) установлено, что глинистое вещество представляет, смешанослойный иллит-смектит, а также хлорит. Порода содержит кварц, опал-кристобалит (опал-СТ), цеолит (группы клиноптилолит-гейландит), кальцит.

Электронная микроскопия (СЭМ с микрозондом) показала значительное содержание в породе различных форм смектита (чешуйки и сферические агрегаты), цеолита (хорошо сформированные кристаллы клиноптилолита и гейландита), бактериальных пленок и микросферул С-Si-Ca состава, размером от 5 до 50 µм. Карбонат кальция представляют частично фосфатизированные рыбные кости, немногочисленные кокколиты и остатки стенок раковин микробионтов. Встречаются также крайне редкие, плохо идентифицируемые фрагменты, возможно принадлежащие диатомовым, и обломки (с некоторой долей вероятности) вулканического стекла.

Методом рентген-флуоресцентной спектрометрии (S4 Pioner, лаборатория химико-аналитических исследований, ГИН РАН) установлены следующие соотношения основных компонентов породы $SiO_2-60-75\%$, $Al_2O_3-10-15\%$. СаСО, 2–5%. Зафиксировано повышенное содержание V, в ряде случаев S

и пониженное содержание Мп, что может свидетельствовать о некотором обеднении бассейна седиментации кислородом.

Определение изотопного состава С и О (масс-спектрометр Delta V Advantage с Gas-Bench (Thermoelectron), лаборатория геохимии изотопов и геохронологии ГИН РАН) показало низкие значения $\delta 18O$ (–4,5 – –5,5% PDB) абазинской свиты, сопоставимые с таковыми на уровне РЕТМ разреза "Насыпное" (восточная часть Крыма) [5], но менее выраженное по сравнению с разрезом р. Хеу (–7 – –10‰) [1]. При этом значения $\delta 13C$ – фоновые (около 1,0‰ PDB). По нашим представлениям, это следует интерпретировать как показатель очень теплого климата.

Обнаружение цеолитов группы клиноптилолит-гейландит нами рассматривается как показатель нормально-морских отложений и щелочных рН среды диагенеза [6, 7]. Кислая среда, сопровождающая преобразования органического вещества (интервал PETM), для этого не благоприятна. Однако, для того, чтобы радиолярии, являющиеся основным источником аморфного кремнезема, не растворились еще в водной толще, практически исключается длительное их пребывание в слабощелочной среде морской воды, что может быть еще одним свидетельством относительно небольшой глубины осадконакопления.

На основании полученных данных предполагаются следующие условия осадконакопления и диагенеза абазинской свиты: мелководный шельф со спокойной гидродинамикой (следы волнообразной "слоистости", линзовидно-пластовое залегание, много нерастворившихся в водной толще морского бассейна радиолярий); нормальная соленость (радиолярии); жаркий влажный климат (изотопно-кислородный экскурс, ассоциация клиноптилолит-гейландит-смектит-иллит); значительное участие макро- и микробионтов (мягкие глинистые осадки, богатые питательным веществом, биотурбации и обилие следов микробиологической деятельности).

Крайне низкий уровень содержания карбонатного наннопланктона в абазинской свите и изотопно-геохимические данные указывают на неблагоприятные для биоса условия, полнота которых развернулась в течение критического РЕТМ. Выход сообществ из стрессовых условий РЕТМ был относительно не долгим. Наши данные позволяют предполагать, что во время формирования абазинской свиты существовали не столь кризисные, но периодически повторяющиеся стрессовые условия. Вследствие существенных колебаний уровня моря, в условиях различного рельефа могли складываться различные обстановки, в частности, обеднения отдельных областей кислородом, в результате чего морские организмы занимали различные экологические ниши, (радиолярии, возможно, занимали более мелководные зоны), изменяли морфологию и даже вымирали.

При колебаниях уровня моря могли создаваться условия как для повышенного поступления питания морской биоты, вызывающее вспышки продуктивности (фабрикой нутриентов для этого, возможно, являлись выровненные прибрежные низменности с озерно-болотными ландшафтами, коры выветривания и т.д.), так и для биотических кризисов (условия дефицита кислорода при подъеме уровня моря и прекращении вентиляции из-за изменения гидродинамики).

Установление SiO_2 -форм позволило нам определить следующие источники кремневого вещества: 1 — биогенный аморфный (радиолярии, диатомовые?); 2 — растворенный SiO_2 , захваченный из морской воды в осадок на этапе седиментогенеза и поступивший в поровую воду осадка на стадии диагнеза в результате растворения раковинок радиолярий при щелочных условиях, о которых свидетельствует наличие цеолитов; 3 — биотическая и микробиальная жизнедеятельность; 4 — смектитовый матрикс?; 5 — эндогенный (в том числе, пирокластический) материал?

Интерпретация количественного вклада установленных нами форм показывает явное преобладание биогенного кремнезема. Растворение и выполнение раковинок радиолярий кристобалитом, очевидно, происходило на этапе диагенеза, однако вопрос о соотношении кремнезема растворенной и коллоидной форм (характеризующихся весьма различной миграционной способностью) остается открытым. Невысокое содержание остатков кремнистых организмов, 5-10%, при относительно высокой крепости породы, одновременное присутствие 10–20% SiO₂-форм различных стадий диагенетической перекристаллизации (аморфная, скрыто-кристаллическая, мелко-кристаллическая), - все это может свидетельствовать о наличии неучтенных источников кремнезема. При отсутствии явных признаков внедрения эндогенных флюидов и пирокластического материала, при недостаточно ясной насегодня связи кремненакопления с активизацией эруптивной деятельности таким источником может являться растворенная форма, в том числе поступающая с суши. В морской воде содержание растворенного кремнезема не велико, по отношению к таковому в водах речного стока [7, 8]. Однако, в условиях жаркого влажного климата палеоценаэоцена, особенно в периоды регрессий и начальных фаз трансгрессивных циклов, к которым бывают приурочены эпизоды кремненакопления [Sherbinina et. al, in print, 2] активное выветривание прибрежных ландшафтов могло увеличивать вкдад поступающего с суши растворенного кремневого вещества.

Полученные нами материалы (прослои с обилием пеллет, значительное содержание бактериальных пленок и микросферул) говорят о необходимости дополнительных исследований процессов биологической природы. Ныне уже имеется значительный материал о деятельности макро- и микробионтов в геологической среде [7–9]. Прежде всего, в разрезе р. Хеу требует

прояснения участие биоса в процессах осаждения-растворения и генерации-потребления кремнезема на этапах седиментогенеза и диагенеза.

Работа выполнена в рамках госзадания, тема 0135-2019-0070 "Формирование литологических и минералого-геохимических особенностей осадочного чехла Европейской части России и сопредельных областей в различных палеогеографических и палеотектонических обстановках"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Shcherbinina E.A., Gavrilov Y.O., Iakovleva A. et al. Environmental dynamics during the Paleocene-Eocene thermal maximum (PETM) in the northeastern Peri-Tethys revealed by high-resolution micropalaeontological and geochemical studies of a Caucasian key section // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2016. V. 456. P. 60–81.
- 2. Радионова Э. П., Хохлова И.Е. Эпизоды биогенного кремненакопления Северного Кавказа и прилегающих районов тетической области // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1994. Т. 5. С. 454–461.
- 3. Агарков Ю. В., Бойко Н.И., Седлецкий В.И. Кремнистые породы Северного Кавказа и перспективы их практического использования. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1992. 207 с.
- 4. Хардиков А.Е. Литолого-фациальные особенности и условия образования палеогеновых цеолито-содержащих комплексов Восточного Предкавказья // Литология и полез. ископаемые. 2001. № 2. С. 155–163.
- 5. Гаврилов Ю.О., Голованова О.В., Щепетова Е.В., Покровский Б.Г. Литолого-геохимические особенности отложений палеоцен/эоценового биосферного события "РЕТМ" восточного Крыма (разрез "Насыпное") // Литология и Полез. ископаемые. 2018. № 5. С. 371–383
- 6. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадиальный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. Учеб. Пособие. Москва: ЭСЛАН, 2008. 356 с.
- 7. Лисицин А.П. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы "живого океана" // Геология и геофизика. Т. 45. №1. С. 15–48.
- 8. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории земли. М.: Госгеолтехиздат. 1963. 535 с.
- 9. Наймарк Е.Б., Ерощев-Шак В.А., Чижикова Н.П., Компанцева Е.И. Взаимодействие глинистых минералов с микроорганизмами: обзор эксприментальных данных // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. № 2. С. 155—167.

One of the distinct episodes of paleocene-eocene ${
m SiO_2}$ -generation is discussed. The complex of methods in field and laboratory has identified variety of biogenic silicate forms, zeolite-generation, microbial spheroids and clear oxygen-isotopic shift, reminding PETM-event. Growing of dissolved silica input received from land in conditions of humid warm climate and smectite clay - microbionts interaction are expected.

Голубова Н.В.1, Рубан Д.А.1, Зорина С.О.2

(¹Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, e-mail: ruban-d@mail.ru; ²Казанский федеральный университет, г. Казань, e-mail: svzorina@yandex.ru)

Позднемэотическое осадконакопление в Танаисском палеозаливе Восточного Паратетиса: нерешенные вопросы Golubova N.V.¹, Ruban D.A.¹, Zorina S.O.²

(¹Southern Federal University, Rostov-on-Don; ²Kazan Federal University, Kazan)

Late Maeotian sedimentation in the Tanais Palaeobay of the Eastern Paratethys: unresolved questions

Ключевые слова: известняки, поздний миоцен, Ростовский свод

Модель позднемэотического (поздний миоцен) осадконакопления на территории Ростовского свода требует уточнения. Кажущееся доминирование органогеннодетритовых известняков может быть результатом их лучшей сохранности в сравнении с другими породами. Трансгрессия и смещение палеозалива на восток могут объяснять отсутствие песчаных осадков, выносимых палеорекой.

На протяжении второй половины кайнозоя Восточный Паратетис представлял собой обширный морской бассейн, который охватывал Черноморско-Каспийский регион с прилегающими территориями, включая все Предкавказье [1]. Его формирование связано с активным горообразованием на северной периферии Средиземноморья, в результате чего произошло «отшнуровывание» северной части ранее единого океанического пространства, которое, в свое очередь, наследовало мезозойскому Тетису. Несмотря на интенсивность стратиграфических, седиментологических и палеогеографических исследований Восточного Паратетиса на протяжении более 100 лет, многие частные вопросы все еще остаются открытыми. Например, на северной периферии этого бассейна существовал широкий Танаисский палеозалив, который вдавался в Русскую платформу к югу Донбасса. В современном тектоническом плане его акватории соответствует Ростовский свод. Характерной особенностью отложений этого палеозалива является присутствие органогенно-детритовых известняков позднемэотического возраста (поздний миоцен), слагающих маломощные (1-2 м), но хорошо выраженные в разрезе и простирающиеся на много километров комплексы, объединяемые в мержановскую свиту [2, 3]. Однако модель позднемэотического осадконакопления в Танаисском палеозаливе недостаточно ясна, и настоящая работа призвана хотя бы частично восполнить этот «пробел».

Основной вопрос связан с очевидной монотонностью отложений мержановской свиты на территории Ростовского свода. С одной стороны,

Танаисский палеозалив характеризовался значительными размерами и был полностью открыт с юга к Восточному Паратетису. В современных акваториях подобного типа накопление битой ракуши может происходить на значительных пространствах, однако наравне с этим присутствуют и другие типы отложений (песчаные, глинистые) [4, 5]. Достаточно сложно предположить, что весь палеозалив заполнялся только органогенным детритом. С другой стороны, с востока в палеозалив впадала река (палео-Северский Донец), выносившая большое количество обломочного материала и сформировавшая мощную песчаную толщу (яновская свита) в допозднемэотическое время. Отсутствие песчаных комплексов в позднем мэотисе видится необычным. Таким образом, вырисовываются два вопроса, решение которых важно для корректности палеогеографических реконструкций.

Действительно, отложения верхнегом эотиса — этоорганогенно-детритовые известняки, состоящие из раздробленных, реже целых раковин двустворчатых моллюсков рода *Congeria*, которые были литифицированы в умеренно прочную породу в ходе диагенетических преобразований. Традиционно Танаисский палеозалив оконтуривается именно по распространению этих отложений в пространстве Ростовского свода. Однако важно понимать, что его акватория могла быть значительно шире. В силу маломощности осадков вполне допустимо предположить, что в послем эотическое время песчаные и глинистые отложения были в значительной степени размыты, тогда как сохранились лишь более прочные известняки. При этом конфигурация Танаисского палеозалива, по всей видимости, была таковой, что накопленная битая ракуша не подвергалась перемыву, т.е. участки ее накопления располагались вне зоны активной гидродинамики. Такое возможно в случае более «глубокого» проникновения палеозалива в направлении Донбасса с образованием своего рода седиментационного «кармана».

Широкое распространение более молодых понтических известняков, которые «перекрывают» подстилающие комплексы и теоретически могли бы «защитить» все верхнемотические отложения от размыва, не должно вводить в заблуждение. Понтические известняки развиты преимущественно в восточной половине Ростовского свода, т.е. перекрывают позднемотические, приуроченные к центральной части свода, лишь частично (вероятно, на довольно узком пространственном промежутке). В этой связи предполагаемое доминирование участков накопления битой ракуши в Танаисском заливе при отсутствии других отложений является, возможно, лишь следствием лучшей «защищенности» сформировавшихся таким образом органогеннодетритовых известняков от послемотического размыва.

Решение второго вопроса представляется более сложным, т.к. по долине палео-Северского Донца в позднем миоцене реализовывалась значительная разгрузка обломочного материала, сносимого со стороны Донбасса.

Органогенно-детритовые известняки верхнего мэотиса содержат некоторое количество (не более 10%) песчаного материала, однако это не объясняет отсутствия перехода между отложениями палеозалива и палеореки. На актуальной палеогеографической реконструкции [1] показано, что палео-Северский Донец впадал непосредственно в Восточный Паратетис чуть восточнее участков накопления битой ракуши. Это могло бы объяснить отсутствие песчаных осадков в палеозаливе. Однако даже в начале позднего мэотиса (время накопления донской свиты, подстилающей мержановскую) ситуация была иной, т.к. разгрузка обломочного материала осуществлялась по речной долине непосредственно в палеозалив. Вряд ли можно предполагать изменение положения речной долины и направления разгрузки по ней в течение столь короткого времени.

Единственно возможное объяснение — это затопление нижних участков долины в ходе позднемэотической трансгрессии [3] с одновременной корректировкой базиса эрозии (и соответствующим снижением интенсивности размыва). Более того, позднее (в понтическое время) область активной седиментации вообще сместилась на восток, т.е. одновременно с трансгрессией могла иметь место и некоторая пространственная миграция палеозалива, вызванная в т.ч. поднятиями в западной половине Ростовского свода. В результате этого область накопления песчаных отложений располагалась восточнее, а органогенно-детритовые известняки оказались лишь «обогащенными» песчаным материалом.

Таким образом, представленные выше рассуждения снимают некоторые вопросы, связанные с особенностями позднемэотического осадконакопления в Танаисском палеозаливе Восточного Паратетиса, обращая внимание на сохранность маломощных комплексов и миграцию палеозалива в пространстве. Однозначное устранение противоречий в модели локального осадконакопления требует учета большего количества материала по стратиграфии и вещественному составу верхнемэотических отложений в пределах южной и восточной частей Ростовского свода. К сожалению, получить такой материал проблематично в связи с тем, что верхнемиоценовые комплексы на указанной территории уничтожены при формировании современной долины Дона. Однако проведение тщательного провенансного анализа песчаных зерен из органогенно-детритовых известняков вполне способно дать необходимые сведения.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 14.Y26.31.0029 в рамках реализации постановления Правительства № 220 (C3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Popov S.V., Shcherba I.G., Ilyina L.B. et al. Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2006. V. 238. P. 91–106.
- 2. Ruban D.A. The Upper Miocene of the Rostov Dome (Eastern Paratethys): Implication of the chronostratigraphy and bivalvia-based biostratigraphy // Geoloski anali Balkanskoga poluostrva. 2005. V. 66. P. 9–15.
- 3. Ruban D.A. Stratigraphic evidence of a Late Maeotian (Late Miocene) punctuated transgression in the Tanais Palaeobay (northern part of the Eastern Paratethys, South-West Russia) // Geologos. 2010. V. 16. P. 169–181.
- 4. Матишов Г.Г., Ковалева Г.В., Польшин В.В. Новые данные о скорости седиментации в Азовском море в позднем голоцене // Доклады Академии наук. 2009. № 6. С. 820–823.
- 5. Павлюк О.Н., Требухова Ю.А., Пропп Л.Н. Межгодовые изменения в структуре сообществ мейобентоса в бухте Бойсмана залива Петра Великого (Японское море) // Биология моря. 2012. № 6. С. 428–439.

The model of the Late Maeotian (Late Miocene) sedimentation on the territory of the Rostov Dome requires refinement. The apparent dominance of biogenic-detrital limestones may be result of their better preservation potential relatively to other rocks. Transgression and eastward palaeogulf shift can explain the absence of sands delivered by the palaeoriver.

Григорьев В.А.¹, Максимов Ф.Е.¹, Левченко С.Б.¹, Зарецкая Н.Е.^{2,3}, Корсакова О.П.⁴

(¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, vasily. grigoriev@gmail.com; ²Институт географии РАН, г. Москва; ³Геологический институт РАН, г. Москва; ⁴Геологический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты)

К вопросу о надежности радиоизотопного датирования раковин морских моллюсков из трансгрессивных отложений Кольского полуострова Grigoriev V.A.¹, Maksimov F.E.¹, Levchenko S.B.¹, Zaretskaya N.E.^{2,3}, Korsakova O.P.⁴

(¹Saint-Petersburg state university, Saint-Petersburg; ²Institute of Geography, RAS, Moscow; ³Geological Institute RAS, Moscow; ⁴Geological Institute of the Kola Science Centre RAS, Apatity)

Reliability of radioisotope dating of marine mollusk shells from transgressive sediments of the Kola Peninsula

Ключевые слова: Кольский полуостров, Терский берег, средний и верхний неоплейстоцен, раковины моллюсков, уран-ториевое датирование.

Получены 230 Th/U-даты погребенных раковин моллюсков из неоплейстоценовых отложений, вскрытых в речных долинах Терского берега Белого моря, которые подтвердили отнесение этих морских осадков ко времени двух разновозрастных трансгрессий, происходивших в МИС-9 и МИС-5. Показана важность учета 234 U/ 238 U для оценки надежности датирования раковин моллюсков 230 Th/U-методом.

Представления о возрасте средне- и верхненеоплейстоценовых морских осадков в разрезах, вскрытых речными обнажениями в приустьевых участках рек южной части Кольского полуострова, неоднократно пересматривались. С открытием и становлением во второй половине прошлого века уран-ториевого, ЭПР- и OSL (TL)-методов датирования, позволяющих определять возраст разных типов отложений за пределами возможностей радиоуглеродного метода, были осуществлены первые попытки их применения к некоторым стратотипическим разрезам данного региона. Так, Арслановым и др. [1] были получены первые уран-ториевые даты раковин моллюсков из трансгрессивных отложений, обозначаемых в региональной схеме как понойские слои. Они позволили подтвердить отнесение их формирования ко времени микулинского межледниковья (МИС-5) и сопоставить с бореальной трансгрессией, опровергнув таким образом предположение о накоплении этих осадков в средневалдайское время (МИС-3), основанное на близких к запредельным радиоуглеродных датах. При этом установленный 230Th/U-возраст раковин из

понойских слоев находился в диапазоне от ~82 до ~118 тыс. лет.

Позднее [2,3] был определен ЭПР/OSL-возраст понойских слоев по раковинам моллюсков и вмещающим отложениям ряда разрезов, расположенных в приустьевых частях речных долин Терского берега Белого моря: интервал дат составил $\sim \! 100-130$ тыс. лет.

Датирование т.н. стрельнинских морских слоев, чаще всего с размывом залегающих на понойских слоях или на ледниковых отложениях в тех же разрезах, позволило отнести их формирование к серии ранневалдайских малоамплитудных трансгрессий происходивших $\sim\!80-100$ тыс. лет назад.

Также был определен возраст средненеоплейстоценовых междедниковых морских глин в обнажении на реке Варзуга, который ранее по данным спорово-пыльцевого анализа относили к лихвинскому межледниковью (МИС-11). ЭПР-даты раковин, заключенные в доверительном интервале $\sim 280-360$ тыс. лет, позволили отнести эти глины к осадкам чекалинского межледниковья (МИС-9) [4].

Летом 2018 года нами были проведены комплексные исследования на участке Терского берега Кольского полуострова от устья р. Варзуга до устья р. Пулоньга [5], в ходе которых вновь изучались разрезы в приустьевых частях рек Чапома, Чаваньга и Варзуга, где из межледниковых слоев были отобраны образцы раковин моллюсков для датирования ²³⁰Th/U методом. Результаты осуществленного нами уран-ториевого датирования этих образцов (изотопные отношения и возраст) приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты 230 Th/U-датирования раковин моллюсков из морских отложений юга Кольского п-ва.

Разрез и высота отбора	№ обр.	²³⁰ Th/U- возраст, тыс. лет	²³⁰ Th/ ²³⁴ U	²³⁴ U/ ²³⁸ U	²³⁰ Th/ ²³² Th
Чапома, 9 м	479a	63 ± 4	0.45 ± 0.02	1.15 ± 0.05	20.06 ± 2.83
	479b	136 ± 15/13	0.76 ± 0.03	1.18 ± 0.05	²³² Th не обнаружено
Чаваньга, 29 м	485a	208 ± 43/30	0.9 ± 0.05	1.29 ± 0.07	4.45 ± 0.37
	485b	175 ± 31/23	0.85 ± 0.05	1.42 ± 0.09	11.39 ± 1.64
Варзуга, 6.2 – 12.2 м	557a	_	1.2 ± 0.03	1.74 ± 0.05	4.58 ± 0.17
	557b	245 ± 27/21	0.97 ± 0.02	1.46 ± 0.04	9.14 ± 0.45

Исходя из аналитических данных образца № 479, можно отметить, что во внутренней фракции (*b*) отсутствует детритное загрязнение (нет 232 Th), и

при этом ее 230 Th /U возраст является наибольшим. Принимая во внимание, что уран-урановое отношение в обеих фракциях близко к средней величине для морской воды (~1.14), можно сделать предположение о соблюдении предпосылок 230 Th/U-метода для данного образца, а значит его 230 Th/U-возраст, определенный по внутренней фракции (136 \pm 15/13 тыс. лет) является вполне надежной оценкой возраста.

Напротив, аналитические данные по образцу № 485 показывают нарушение предпосылок ²³⁰Th/U-метода. В частности, значения ²³⁴U/²³⁸U для обеих фракций существенно превышают среднюю величину для морской воды, что свидетельствует об активном постседиментационном привносе гидрогенного урана, который в сочетании с наличием ториевого загрязнения и большим значением возраста для внешней фракции, чем для внутренней, говорит о полной перекристаллизации материала раковины, т.е. её непригодности для уран-ториевого датирования.

Образец № 557 не дал однозначного результата, т.к. вследствие высоких содержаний 232 Th во внешней фракции образца (что свидетельствует о значительном загрязнении по торию) расчет возраста оказался невозможным. Возраст внутренней фракции составил $245 \pm 27/21$ тыс. лет, что можно считать скорее минимальной оценкой возраста, учитывая наличие детритного загрязнения по торию во внутренней фракции, высокие значения 234 U/ 238 U, а также плохую сохранность материала.

Сопоставление полученных нами уран-ториевых возрастов для трех разрезов с ранее опубликованными датами приведено в Таблице 2.

Полученный нами 230 Th/U возраст раковин из разреза «Чапома» находится в хорошем согласии с ранее известной ЭПР-датой [2]. Ранее полученную Арслановым и др. [1] для этого разреза уран-ториевую датировку следует считать омоложенной, на что указывает заметно более высокие значения 234 U/ 238 U для обеих фракций (ЛУ- 464 A- 1 ,29, ЛУ- 464 B- 1 .25) — свидетельство сорбции раковинами после захоронения гидрогенного урана, и близость рассчитанных для них значений возраста, вероятно вызванной по крайней мере частичной перекристаллизацией образца.

На нарушение предпосылок 230 Th/U метода для образца из разреза «Чаваньга» косвенно указывает ЭПР-возраст аналогичных образцов из данного разреза [2].

Полученная нами оценка ²³⁰Th/U возраста раковины из нижней морской толщи разреза «Варзуга» не противоречит ранее известным ЭПР-датам трех образцов раковинного материала тех же осадков в обнажении на реке Варзуга [4].

Следует отметить, что если для расчетов 230 Th/U возраста внутренней фракции использовать среднее для морской воды значение 234 U/ 238 U, которое составляет 1,140 \pm 0,014 [6] , то можно получить более корректную оценку

возраста - 297 \pm 51/34 тыс. лет. С учетом этой оценки и ЭПР-данных отнесение нижней морской толщи к МИС-9 вполне приемлимо.

В целом на примере датированного материала показана важность учета уран-уранового (234 U/ 238 U) отношения для адекватного применения уранториевого метода: большие отклонения могут свидетельствовать о привносе гидрогенного урана и, как следствие, к омоложенной оценке возраста.

Таблица 2. Результаты датирования различными методами раковин моллюсков из морских отложений юга Кольского п-ва.

Разрез и высота отбора	Вид раковины	№ образца	²³⁰ Th/U- возраст, тыс. лет	ЭПР- возраст [2,3,4], тыс.лет	²³⁰ Th/U- возраст [1], тыс. лет
Чапома, 9 м	Cyprina islandica	479a	63 ± 4	128.7 ± 7.5	85.5 ± 3.2 (ЛУ-464A)
		479b	$136 \pm 15/13$	120.7 ± 7.3	86.0 ± 3.9 (ЛУ-464В)
Чаваньга,	A s t a r t e borealis	485a	$208 \pm 43/30$	99.0 ± 7.6	
29 м		485b	$175 \pm 31/23$	99.0 ± 7.0	
		557a	_	316.0 ±	
Варзуга, 6.2 – 12.2 м	Неопред. обломки	557b	245 ± 27/21	23.6 319.0 ± 22.7 319.0 ± 38.5	

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 17-05-00706.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Арсланов Х.А., Евзеров В.Я., Тертичный Н.И. и др. К вопросу о возрасте отложений бореальной трансгрессии (понойских слоев) на Кольском полуострове // Плейстоценовые оледенения Восточно-Европейской равнины, М., 1981. С. 28–37.
- 2. Корсакова О.П., Молодьков А.Н., Колька В.В. Геолого-стратиграфическая позиция верхнеплейстоценовых морских образований на юге Кольского полуострова (по геохронологическим и геологическим данным) // Докл. РАН. 2004. Т. 398. № 2. С. 218–222.
- 3. Корсакова О.П., Колька В.В. Плейстоценовая история осадконакопления в береговой зоне Кольского полуострова // Известия РГО. 2009. Т. 141. № 4. С. 35–47.
- 4. Корсакова О.П., Семенова Л.Р., Колька В.В. Средне- и верхнене- оплейстоценовые осадки в разрезе обнажения Варзуга (юг Коль-

- ского полуострова) // Региональная геология и металлогения. 2011. N_2 48. С. 19–24.
- 5. Зарецкая Н.Е., Корсакова О.П., Шварёв С.В. и др. Новые исследования Терского берега Белого моря: геохронология, стратиграфия, палеосейсмология, история развития побережья в позднем плейстоцене и голоцене // Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология: сборник статей. КДУ, Университетская книга Москва, 2018. С. 64–70.
- 6. Арсланов Х. А., Тертычный Н. И., Герасимова С. А., Локшин Н. В. К вопросу о датировании морских раковин моллюсков по отношению 230Th /234U // Геохимия. 1976. № 10. С. 1724—1734.

The 230Th/U dates of buried mollusk shells from Pleistocene sediments of the Tersky coast of the White Sea confirmed the attribution of these marine sediments to the time of two transgressions of different ages that occurred in MIS-9 and MIS-5. The importance of accounting for 234U / 238U for assessing the reliability of dating of mollusk shells by the 230Th/U method is shown.

Гришкевич В.Ф., Лагутина С.В., Панина Е.В.,

Долматова С.С.

(Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИНефть» в г. Тюмени)

Общая структура неокомского морского осадконакопления в Западно-Сибирском бассейне

Grishkevich V.F., Lagutina S.V., Panina E.V., Dolmatova S.S. (OOO «LUKOIL-Engineering» branch «KogalymNIPINeft» in Tyumen)

Neocomian marine sedimentation of West Siberian basin in general

Ключевые слова: клиноформа, палеоокеанология, седиментация, изостазия, баженовская, ачимовская, Западная Сибирь, неокомский

Боковое заполнение осадками Западно-Сибирского морского бассейна в неокоме сопровождалось интенсивным изостатическим прогибание его фундамента с образованием вдоль склонового трога и центрального компенсационного поднятия. Их наличие определяло режим циркуляции палеобассейна, распределение и состав осадков.

В неокомское время Западная Сибирь представляла собой полузамкнутое внутриконтинентальное море с глубинами до 100-300 метров. Основным источником сноса, поступления воды и растворенных веществ для Западно-Сибирского осадочного бассейна служили Восточно-Сибирская и Алтае-Саянская горные системы. В волжское время поступление осадков было очень медленным и система находилась в квазиравновесном состоянии (рис. 1а).

В берриасское время (рис. 16) равновесие было нарушено вздыманием восточного обрамления бассейна, началась первоначальная стадия медленного заполнения краевых частей осадочного бассейна. Изостатическое прогибание дна обеспечивало объёмы перетоков мантийного вещества для компенсации всплывания областей эрозией, но не изменяло общую геометрию осадочного бассейна: сохранялся общий уклон дна к центру палеоморя.

Первое принципиальное изменение седиментационного бассейна произошло в начале валанжинского времени (рис. 1в), когда угол прогибания дна превысил его первоначальный уклон к центру бассейна. Дальнейшее поступление осадков приводило к наращиванию (проградации) седиментационного склона, формированию клиноформ континентального шельфа с видимой высотой до 500 метров и, соответственно, перемещению волны прогибания дна. Дно бассейна прогибалось под тяжестью осадков, образуя у основания склона желоб, глубина которого могла составлять

почти треть высоты склона [1]. Изостатическое прогибание фундамента компенсировалось перетеканием магмы и поднятием морского дна (рис. 1в).

Вторым поворотным моментом в истории седиментационного бассейна является встреча волн прогибания дна в его осевой части (рис. 1г).

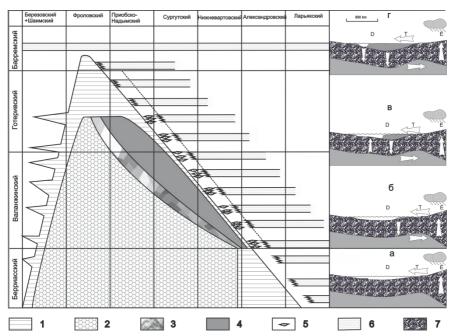


Рисунок 1. Региональная стратиграфическая схема неокомских отложений с учетом изостазической компенсации [2 и 3 с дополнениями]

а — исходное состояние системы (области: E —эрозии, T — транзита и D-накопления осадков), δ — заполнение окраин, δ — обмеление центра, δ — заполнение центра и «схлапывание» бассейна.

1 — переслаивания битуминозных и небитуминозных глин, 2 — конденсированные органо-глинистые осадки, 3 — перемытые органогенные илы, 4 — битуминозные глины, 5 — ачимовские пески, 6 — шельфовые песчаные пласты, 7 — деформируемый фундамент.

Большую часть неокомского времени желоб тянулся от Енисей-Хатангского пролива до Прииртышья, постепенно смещаясь с востока за запад. По дну этого желоба протекало холодное придонное течение (рис. 2). Циркуляции вод палеобассейна включала в себя циклонические течения, транспортирующие глинистые взвеси в центральную часть бассейна. Эстуарная схема циркуляции вод обеспечивалась поверхностным тёплым противотечением. Эти два встречных течения обеспечивали меридиональное сглаживание склонов за счёт сноса турбидитных взвесей.

Наибольший объём алевритоглинистых осадков (до 70 процентов) транспортировался на склон с седиментационного шельфа плёночными турбидитными потоками после взмучивание донного ила сезонными штормами. Плёночные турбидитные потоки формировали на склоне алеврито-глинистые переслаивания со средней толщиной годичных прослоев – 0,1 мм, причём для каждого из прослоев в шлифах хорошо просматривается направленное изменение зернистости от алевритовой к пелитовой размерности [4]. Оползни и вязкопластичные потоки вовлекали в движение осадки, ранее отложившиеся на склоне и прилегающем шельфе. Движущиеся по склону массы гравитационных потоков взаимодействовали с подстилающими осадками и вмещающей водой средой, образуя над собой турбидитные потоки. Вязко-пластичная (дебрисная) часть комбинированных потоков останавливалась в нижней части склона, а турбидитная часть потока уходила вниз по склону и далее на плато континентального шельфа (рис. 1 и 3). В неокомских отложениях Западной Сибири присклоновые конуса выноса относительно грубообломочного материала (рис. 1 и 3) называют ачимовской пачкой.

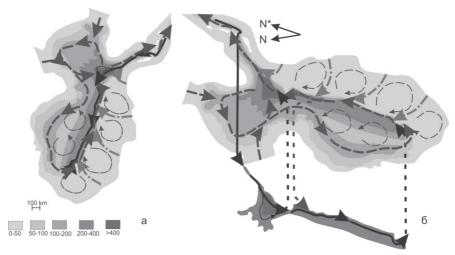


Рисунок 2. Палеобатиметрия (по [5] с уточнениями) и схема циркуляции неокомского палеоморя (стрелка направления на современный и палео полюс)

Часть алевритоглинистых частиц и растворенных веществ речного выноса попадала в открытое море с водами поверхностного галоклина. После

освоения органотрофных растворенных химических элементов водорослями и переработки синтезированных органических веществ в пищевых цепочках минеральные частицы выводились из взвеси в виде органоминеральных агрегатов и пеллет организмов-фильтраторов ($C_{\rm opr}$ от 8 до 20 процентов) [6]. Часть флокулярно-пеллетного потока выпадала на склон и обогащала собой придонные взвеси, и только вне зоны проникновения склоновых турбидитов из флокулярно-пеллетных осадков формировались будущие баженоиды, обогащенные рассеянным органическим веществом (РОВ, рис. 1, 3). Желоб проседания деформировал идущие с седиментационного склона гравитационные потоки осадков и сокращал ширину полосы переслаиваний баженоидов и турбидитов на своем западном склоне. Бескислородные условия придонных вод, необходимые для сохранения в осадке РОВ, обеспечивались резкой стратификацией водной толщи и эстуарным типом циркуляции.

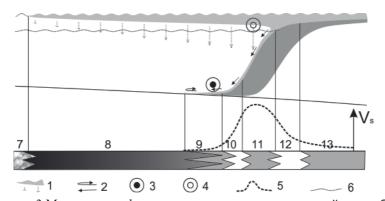


Рисунок 3 Модель клиноформ внутриконтинентальных морей с желобом проседания 1 — поверхностная взвесь и выпадающий из неё флокулярнопеллетный поток осадков, 2 — направления перемещения придонных взвесей, 3 — придонное контурное течение (на юг), 4 — поверхностное контурное течение (на север), 5 — кривая скоростей осадконакопления, 6 — глубина проникновения штормовых волн; зоны осадков: 7 — органо-силицитных баженитов, 8 — органо-глинистых баженоидов, 9 — переслаивания баженоидов и турбидитов, 10 — дебритов, 11 — алевритистых глин склона, 12 — контуритов и кромкошельфовых песков, 13 — покровных шельфовых

Западнее, на компенсационном поднятии при относительной подвижности вод из первоначальных органо-глинистых осадков вымывались частицы РОВ и глин, за счёт этого формировался скользящий по возрасту регионально выдержанный слой радиоляритов [7], отделяющий в разрезе

высоко битуминозные глинистые силициты верхнебаженовской подсвиты от слабо битуминозных и слабо глинистых силицитов нижнебаженовской полевиты.

Изложенная модель формирования неокомской толщи полностью укладывается в теоретическую аксиоматику геологии, не противоречит имеющемуся комплексу геолого-геофизических и биостратиграфических данных. Одним из её логических выводов является скользящий возраст кровли битуминозной баженовской свиты на всей территории Среднего Приобья. Наличие возрастного скольжения было подтверждено детальной корреляцией стыка битуминозных и терригенных пород вдоль регионального профиля по сетке эксплуатационных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Ершов С.В. Палеобатиметрия позднеюрско-неокомского бассейна севера Западной Сибири и её влияние на природные процессы // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 8. С. 1548–1570.
- 2. Гришкевич В.Ф. Макроструктура берриас-аптских отложений Западной Сибири и ее использование при построении информационных технологий в геологии нефти и газа. Тюмень: Издат. дом «ИздатНаукаСервис», 2005. 116 с.
- 3. Avouac J.P., Burov E. B., Erosion as a driving mechanism of intracontinental mountain growth //Journal of geophysical research. 1996. V. 101. № B8. P. 17,747–17,769.
- 4. Харламов К.Н., Кропотова Е.П., Коровина Т.А.и др. Вещественный состав и литологические особенности аргиллитов сортымской свиты на Конитлорском месторождении // Нефтяное хозяйство. 2001. № 2. С. 25–27.
- 5. Конторович А.Э, Ершов С.В., Казаненков В.А. и др. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 3. С. 582–609.
- 6. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 309 с.
- 7. Панченко И.В. Размывы в баженовских отложениях Западной Сибири: значение для корреляций разрезов и прогноза коллекторов / Совместный семинар EAGE/SPE 2019: Наука о сланцах. Москва, Россия, 8–9 апреля 2019 г.

Neocomian lateral sediment's filling of West Siberian sea basin implicated strong isostatic subsiding of its basement with forming along-slope trough and central compensatory raising. Their presence defined paleobasin water circulation, sediment's distribution and composition.

Дарьин A.B.1, Новиков B.C.1, Chu Guoqiang²

(¹Институт геологии и минералогии им. В.Н. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: avd@ihm.nsc.ru; ²Institute of Geology and Geophysics CAS, China)

Варвохронология современных осадков приледникового озера Кучерлинское (Алтай)

Darin A.V.¹, Novikov V.S.¹, Chu Guoqiang²

(¹Sobolev Institute of geology and mineralogy SB RAS, Novosibirsk; ²Institute of Geology and Geophysics CAS, China)

Varvechronology of the glacial lake Kucherlinskoe (Altai) recent sediments

Ключевые слова: приледниковое озеро, варвы, ледниковые глины, подсчет слоев.

Приледниковое озеро Кучерлинское находится в Горном Алтае на высоте 1790 м над уровнем моря. Донные осадки озера содержат визуальные слои толщиной 1–3 мм. Подсчет слоев и сравнение с распределением интенсивности изотопов Cs-137 и Рb-210 подтверждают годовую (варвную) природу происхождения слоев. Наличие такой слоистости позволяет строить возрастные модели высокой точности и достоверности.

Ежегодно ламинированные осадочные последовательности рассматриваются мировым палеоклиматическим сообществом как один из важнейших палеоархивов [1], поскольку в этом случае исследователи получают возможность точной временной привязки всех характеристик осадка. Отдельные годовые слои образуются сезонными поставками взвешенных частиц. В случае ледниковых озер источником вещества являются водные потоки таяния ледников. Как правило, основное количество вещества поступает в водоем в период весенне-летнего паводка. Слоистость в осадке обусловлена неравномерным осаждением терригенного материала. Более крупные - алевритовые частицы осаждаются летом, мелкие глинистые частицы попадают в осадок зимой. Таким образом происходит формирование отдельных годовых слоев, состоящих из пары слоев алевритглина. Керн варвных отложений выглядят как набор ритмично повторяющихся слоев разного цвета. Детальный подсчет годовых слоев позволяет создать точную возрастную модель (глубина керна – возраст слоя осадка) и оценить динамику изменения толщины слоев (скорость осадконакопления).

Озеро Кучерлинское расположено у подножия северного склона Катунского хребта в верховьях реки Кучерла на высоте 1790 метров над уровнем моря. Длина озера 5 км, ширина — 1 км, максимальная глубина достигает 45 м. Озеро находится в труднодоступной местности (рис. 1) и подвержено минимальному антропогенному воздействию, что делает его перспективным объектом для палеоклиматических исследований.

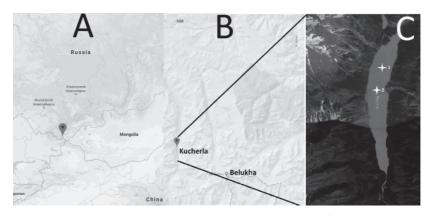


Рисунок 1. А, В – Локализация озера, С – места отбора кернов.

Керны осадков озера Кучерлинское были получен с использованием ударной трубки в марте 2018 гг. Керн Кuch-1 отобран с глубины 30 м, керн Kuch-2 с глубины 45 м (рис. 1С). Длина керна, отобранного в самой глубокой части озера с глубины 45 м, составила 115 см. После отбора трубка с керном была плотно закрыта снизу и оставлена в вертикальном положении на несколько часов в теплом помещении. Затем вода из верхней части трубки была удалена и верх керна плотно закрыт пробкой без деформации. Керн был доставлен в лабораторию института геологии (Новосибирск) в вертикальном положении. Проведенные манипуляции позволили максимально сохранить верхнюю часть керна от повреждений.

В лабораторных условиях керн был вскрыт вдоль оси отбора. Половина керна была разреза на дискретные образцы с шагом 10 мм. Вторая половина использована для изготовления твердых препаратов, пропитанных эпоксидной смолой.

Подготовка твердых препаратов проводилась по методике, описанной в [2]. Из твердых препаратов были изготовлены оптические шлифы перекрывающие верхние 170 мм.

Фотографии оптических шлифов были сделаны в двух вариантах — в отраженном свете без увеличения (оптический сканер) и в проходящем свете в оптическом микроскопе с 2,5-кратным увеличением. Подсчет проводился по визуально выделяемым парам — светлый-темный слой. Пример подсчета для одного из шлифов представлен на рис. 2.

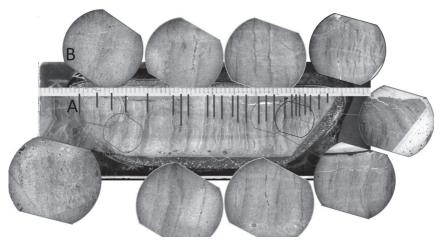


Рисунок 2. A – фото шлифа в отраженном свете (оптический сканер), B – фото участков шлифа в проходящем свете с 2,5 кратным увеличением.

Распределение активности изотопов Cs-137 и Pb-210 для верхнего интервала 0-200 мм сделаны в Институте геологии и минералогии CO PAH (Новосибирск) с использованием гамма-спектрометрии по методике [3]. Результаты представлены на рис. 3.

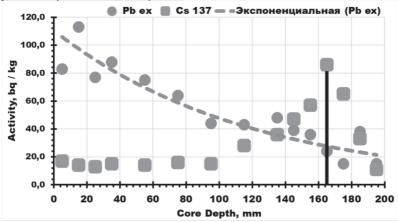


Рисунок 3. Графики изменения активности изотопов Cs-137 и Pb-210.

Полученные изотопные данные позволяют оценить положение максимальной активности Cs-137 в 160-170 мм от границы вода-осадок. Это соответствует времени глобальных выпадения после испытаний 1961-62 гг. [4]. На рис.

4 представлены варианты подсчета слоев, сделанные двумя способами, и положение временного интервала 1961-63 гг., по данным распределения активности Cs-137.

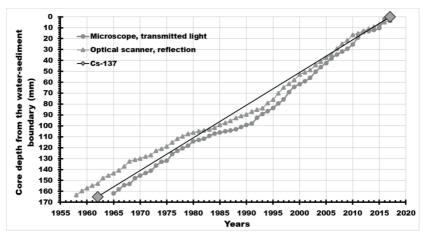


Рисунок 4. Возрастная модель для верхней части (0-170 мм) керна Kuch-2, по данным варвохронологии и изотопным анализам.

Общее совпадение двух кривых и слоя Cs-137 подтверждает предположение о годовой природе выделяемых слоев. Максимальное расхождение в датировке слоя на глубине 165 мм составляет величину в 4 года, от 1957 г. до 1965 г. Оценка ошибки при подсчете слоев составляет величину ~ 7%. При этом среднее значение датировки подсчетом слоев хорошо совпадает с изотопной датировкой.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект 18-55-53016 ГФЕН_а «Поздне-голоценовые палеоклиматические реконструкции, полученные из ленточных глин («варвных» осадков) приледниковых озер в Российском и Китайском Алтае».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ojala A.E.K., Francus P., Zolitschka B. et al. Characteristics of sedimentary varve chronologies – A review // Quaternary Science Reviews. 2012. V. 43. P. 45–60.
- 2. Dar'in A., Kalugin I., Rakshun Ya. Scanning x-ray microanalysis of bottom sediments using synchrotron radiation from the BINP VEPP-3 storage ring // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2013. V. 77. № 2. P. 182–184.
- 3. Bobrov V., Kalugin I., Klerks J., Stepin A. Modern accumulation rate in the Lake Teletskoe based on gamma-spectrometry (137Cs) // Geol. Geofiz. 1999.

- V. 40. P. 530-536.
- 4. Appleby P.G. The use of 210Pb and 137Cs as tracers in modelling transport processes in lake catchment systems // Studies in Environmental Science. 1997. V. 68. P. 441–448.

The glacial lake Kucherlinskoe is located in the Altai Mountains at an altitude of 1790 meters above sea level. We use the 115 cm core obtained in March 2018 from the deepest part of the lake (45 m) for the study. In the process of coring, special attention was paid to the preservation of the upper layers of the bottom sediment (water - sediment boundary). Bottom sediments of the lake contain visual layers with a thickness of 1-3 mm. We count the layers using photographs of the optical sections. Counting the layers and comparing with the intensity distribution of the Cs-137 and Pb-210 isotopes show the annual (varve) nature of their origin. The data obtained is used to create an age model of high accuracy and reliability. An age scale of annual layer thickness over the past century was built. This makes it possible to create a model of the annual cycle of sedimentation and to establish a connection with changing meteorological parameters. The model will also show a relationship with the dynamics of the glacier supplying terrigenous material to the lake.

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

(¹Институт геологии и минералогии им. В.Н. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: avd@ihm.nsc.ru; ²Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск; ³Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера, г. Новосибирск)

Микроаналитические исследования замороженных образцов современных донных осадков оз. Шира Darin A.V.¹, Rogozin D.Yu.², Kalugin I.A.¹, Babich V.V.¹, Markovich T.I.¹, Darin F.A.³, Rakshun Ya.V.³

(¹Sobolev Institute of geology and mineralogy SB RAS, Novosibirsk; ²Institute of Biophysics SB RAS, Krasnoyarsk; ³Budker Institute on Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk)

Microanalytical studies of Lake Shira modern bottom sediments frozen samples

Ключевые слова: донные осадки, аналитическая микростратиграфия, сканирующий РФА-СИ, геохимия, уровень озера.

Для отбора верхних слабо консолидированных донных осадков о.Шира был использован пробоотборник с заморозкой (ice-corer). Замороженные образцы были исследованы методом сканирующего микро-РФА на пучках синхротронного излучения с пространственным разрешением 100 мкм. Данные о распределении породообразующих и микроэлементов по глубине керна количественно сопоставлены с региональными метео- и гидрологическими наблюдениями.

Современное озеро Шира (Хакасия) имеет максимальную глубину около 24 м и представляет меромиктическую водную систему с расслоением на придонные — более соленые, и приповерхностные — более пресные воды [1]. Регулярные гидрологические наблюдения за уровнем озера ведутся с 1936 г. За это время уровень озера менялся более чем на 5,5 м — от 350 до 355,6 м над уровнем моря. Изменения уровня обуславливает переход озеро из меромиктического состояния в голомектическое (перемешанное), что прямым образом отражается в составе и структуре озерных отложений.

Ранее нами было показано, что изменение режимов осадконакопления приводит к смене оксидно-аноксидных обстановок и изменению химического состава верхних слоев донных отложений [2]. Наличие годовой слоистости в разрезе верхних слоев донных осадков оз. Шира дает возможность построения точной возрастной модели, сопоставимой по качеству с дендрохронологиями, и позволяет проводить прямые сравнения состава отдельных слоев с данными инструментальных метеонаблюдений.

Однако, для построения такой возрастной шкалы необходимо проводить отбор образцов донных осадков с особой осторожностью, чтобы исключить повреждение и потерю верхних слабо консолидированных слоев.

Образцы были отобраны специальным пробоотборником-намораживателем, представляющим собой полый стальной клин с циркулирующим хладагентом. Отборник на тросе медленно погружался в осадок и оставался там в течение 40–50 минут. После извлечения из осадка и воды на поверхности отборника находился ледяной панцирь толщиной до 2–3 см, что обеспечивало отбор верхних слоев осадка без нарушения его структуры и с видимой границей вода—дно. Замороженные блоки обводненного осадка сохраняли недеформированную тонкослоистую структуру удобную для дальнейшего препарирования и исследования осадка (рис. 1). Замороженный керн снимался с клина намораживателя и в ящике с сухим льдом перевозился в лабораторный холодильник, где хранился при температуре —36°С.

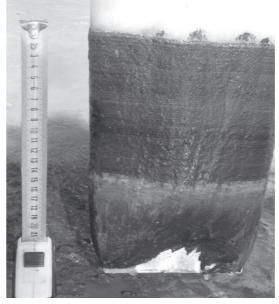


Рисунок 1. Замороженные верхние слои донного осадка о. Шира

Подготовка образцов для исследования и проведение сканирующего микроанализа подробно описана в работах [2–4]. Сканирующий микро-РФА проводился на станции "Локальный и сканирующий рентгенофлуоресцентный элементный анализ" ЦКП "Сибирский центр синхротронного и терагерцевого излучения" по аттестованной методике [5]. Шаг сканирования составлял 100 мкм, таким образом при мощности годовых слоев в верхней части исследуемых осадков от 1 до 3 мм временное разрешение анализа было соизмеримо с 1–3 месяцами. Однако, из этих данных не следует прямого вывода о возможности получения сезонного (весна-лето-зима-осень) геохимического сигнала. В первую очередь, ограничения временного разрешения связаны с тем, что аналитический

сигнал для большинства определяемых элементов получается не только с поверхности, но и из приповерхностных слоев. При этом глубина проникновения рентгеновского излучения в регистрируемом диапазоне энергий (10–20 кэВ) может составлять величину более 200 мкм. Т.е. регистрируемые сигналы усредняются и при данных условиях эксперимента могут рассматриваться лишь как отражение межгодовых различий. Тем не менее, полученная информация позволяет построить достаточно точные и адекватные временные ряды изменения макро- и микроэлементного состава донных осадков с годовым шагом опробования. Возрастная модель для пересчета миллиметровой шкалы по глубине образца керна в возрастную была построена на основе ручного подсчета количества и толщины годовых слоев на исследуемом интервале (рис.2).

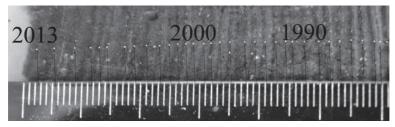


Рисунок 2. Подсчет годовых слоев в замороженном образце донных осадков оз.Шира

Построенные временные ряды сравнивались с данными региональных инструментальных метео- и гидрологических наблюдений (среднегодовая температура и уровень оз.Шира) на погодовой временной шкале. Интервал сравнения был определен длиной инструментального ряда наблюдений за уровнем оз.Шира (1936 – наст.время).

В качестве количественной оценки связи геохимического показателя и метеопараметра использовался коэффициент парной корреляции на интервале сравнения. Также проводился кросс-корреляционный анализ, позволяющий установить возможное существование временного лага (задержки) между изменением внешних условий (метео- и гидрологических) и составом донных отложений.

Наиболее сильные связи с уровнем озера (Level) установлены для Br (коэфф.кореляции +0,76) и Sr (коэфф.кореляции -0,83) для 68 точек наблюдений, при отсутствии временного лага (рис. 3).

Положительную корреляцию с температурой (рис. 4) показывает только Br (коэфф.кореляции ± 0.58), а отрицательную связь практически все элементы терригенной компоненты осадка, самые высокие значения имеет Rb (коэфф. кореляции ± 0.63). При этом значение временного лага составляют 9 лет, т.е. реакция озерной системы осадконакопления на изменение среднегодовой температуры воздуха достигает максимальной величины через десятилетие.

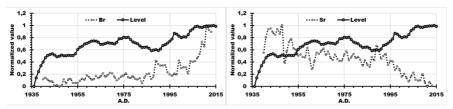


Рисунок 3. Графики изменения уровня озера Шира в 1936–2013 гг. и содержаний Вr и Sr в донных осадках, соответствующих этому временному

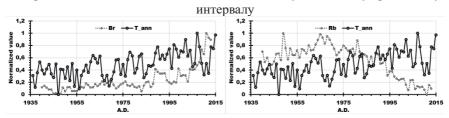


Рисунок 4. Графики изменения среднегодовой температуры воздуха в 1936—2013 гг. и содержаний Вг и Rb в донных осадках, соответствующих этому временному интервалу

Необходимо отметить также реакцию ред-окс озерной системы на изменение уровня. Геохимическими маркером в данном случае может быть содержание Мо или Мо/Мп отношение. На рис. 5 представлены графики изменений уровня озера и содержания Мо (Мо/Мп отношения) в разрезе донных отложений. Максимальные коэффициенты корреляции (для Мо –0.55 и –0,47 для Мо/Мп отношения) достигаются для временного лага 4–5 лет. Видимо это время необходимое озеру для формирования или разрушения стратифицированной системы (переход голомиксия – меромиксия).

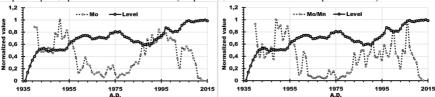


Рисунок 5. Графики изменения уровня озера Шира в 1936–2013 гг и содержаний Мо и Мо/Мп в донных осадках, соответствующих этому временному интервалу

<u>Выводы.</u> Использование проботборника-замораживателя позволяет получить в сохранности верхние слабо консолидированные слои донных отложений, что дает возможность построения точных возрастных моделей. Применение современных методик аналитической микростратиграфии для исследования литолого-геохимических характеристик донных осадков с

высоким пространственным разрешением дает возможность для получения большого количества данных, сопоставимых по качеству с данными инструментальных метеонаблюдений, и проводить их количественное сопоставление. Получаемая информация необходима для построения моделей годового (сезонного) циклов осадкообразования и создания количественных палеоклиматических и гидрологических реконструкций высокого временного разрешения.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «Биофизические и литолого-геохимические реакции систем озерной седиментации на изменения климата позднего голоцена» комплексной программы фундаментальных научных исследований СО РАН II.1. « (N 0330-2018-0021), блок «Литолого-геохимические реакции озерных седиментационных систем».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Парначев В.П., Вишневецкий И.И., Макаренко Н.А. и др. Природные воды Ширинского района Республики Хакасия. Томск: Издательство Томск. Ун-та, 2003. 183 с.
- 2. Калугин И.А., Дарьин А.В., Бабич В.В.и др. Показатели оксидных и аноксидных обстановок в системе современного осадконакопления в соленом озере шира (хакасия) по данным высокоразрешающего РФА СИ замороженных «in situ» образцов донных осадков. // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2019. Т. 83. № 2. С. 247–252.
- 3. 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 Российской академии наук. Серия физическая. 2013. Т. 77. № 2. С. 204.
- 4. Дарьин Ф.А., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С., Дарьин А.В. Исследование микроэлементного состава годовых слоев в образцах замороженных донных осадков методом РФА СИ // Использование синхротронного и терагерцового излучения для исследования высокоэнергетических материалов. Школа по подготовке молодых специалистов, 2015. С. 29.
- 5. Дарьин А.В., Ракшун Я.В. Методика выполнения измерений при проведении рентгенофлуоресцентного анализа с использованием рентгеновской концентрирующей оптики (поликапилярные линзы) // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2013. № 2 (51). С. 119–129.

For sampling the upper weakly consolidated bottom sediments of Lake Shira, a sampler with freezing (ice-corer) was used. Frozen samples were investigated by scanning micro-XRF using synchrotron radiation beams with a spatial resolution of $100~\mu m$. Data on the distribution of rock-forming and trace elements along the core depth are quantitatively compared with regional meteorological and hydrological observations.

Деркачев А.Н.¹, Горбаренко С.А.¹, Пономарева В.В.², Портнягин М.В.^{3,4}

(¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, e-mail: derkachev@poi.dvo.ru; ²Institute of Volcanology and Seismology, Russian Academy of Science, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia; ³Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва; ⁴GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany)

К вопросу разработки обобщенной

тефростратиграфической шкалы четвертичных отложений северо-западной части Тихого океана и сопредельных морей

Derkachev A.N.¹, Gorbarenko S.A.¹, Ponomareva V.V.², Portnyagin M.V.^{3,4}

(¹V.I. II'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok; ²Institute of Volcanology and Seismology, Russian Academy of Science, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia; ³V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow; ⁴GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany)

Creation of a generalized tephrostratigraphic scale of the Quaternary deposits of the northwestern Pacific and adjacent seas

Ключевые слова: история эксплозивной активности вулканов, четвертичные отложения, северо-западная часть Тихого океана, окраинные моря Дальнего Востока, тефростратиграфия

Сильные эксплозивные извержения вулканов относятся к наиболее опасным природным явлениям, которые оказывали и могут оказывать в будущем ощутимое влияние на окружающую среду и жизнедеятельность человека. Одним из главных компонентов эксплозивных извержений является пирокластический материал, представленный главным образом твердыми частицами пепла (тефрой), которые могут распространяться на многие сотни, а при мощных извержениях на тысячи километров от вулкана. Изучение интенсивности вулканических извержений и их влияние на экологию и климат как в глобальном, так и в региональном плане требует очень детальных тефростратиграфических проработок [1]. Однако каталог крупнейших эксплозивных вулканических извержений голоцена-плейстоцена далеко не полон и многие из них до сих пор не выявлены [2]. Поэтому в последние десятилетия многими научными коллективами Мира большое внимание уделяется исследованию этих вопросов. Это в полной мере относится и к районам, прилегающим к северо-западной части Тихого океана. Одним из надежных индикаторов проявления крупных эксплозивных извержений вулканов, в

том числе их интенсивности и реконструкции областей влияния, являются прослои вулканического пепла, встречаемые как в отложениях суши, так и в осадочном чехле прилегающих морских бассейнов. Прослои тефры являются очень эффективными маркирующими реперами при стратиграфическом изучении осадочных толщ и датировании событий прошлого. Следует отметить, что их следы во многих случаях на суше не сохранились из-за процессов денудации, но в отложениях прилегающих морей и океана они отчетливо фиксируются, представляя определенную летопись прошедших событий. Исследования прослоев тефры в морских отложениях позволяют решать задачу по поиску источников эксплозивных извержений, установлению масштабов их проявления, периодичности, реконструкции областей влияния.

В последнее десятилетие северо-западная часть Тихого океана и прилегающие моря являются объектом активного изучения как российских, так и зарубежных ученых в связи со значительной ролью этих районов в формировании климата в четвертичное время. Здесь достаточно упомянуть исследования по международным проектам с участием российских, немецких, японских и китайских ученых на НИС «Академик Лаврентьев», RV «Sonne», RV «Miray», RV «Yokosuka», RV «Marion Dufresne». При этом большое внимание было уделено авторами данного сообщения изучению вопросов тефростратиграфии в полученных в этих рейсах колонках. Прослои тефры были выделены в многочисленных колонках (более 50) из отложений Японского, Охотского, Берингова морей и северо-западной части Тихого океана, прилегающих к побережью Камчатки и Курильских островов, а также с возвышенностей Императорского хребта (Мейдзи, Детройт, Тендзи и др.). В последнее время большое внимание было уделено исследованию прослоев тефры (109 прослоев) из скважин глубоководного бурения ODP145-881, 882 и 884 и длинной колонки MD01-2416 (до 45 м), отобранной в рамках программы IMAGES в 2001 г в рейсе WEPAMA на R/V «Marion Dufresne» [3], а также прослои тефры из 264 рейса RV «Sonne» [4]. Материалы этих исследований в настоящее время обобщаются и находятся на стадии подготовки публикаций.

В рамках комплексной программы по изучению дистальной тефры в осадочном чехле морских отложений как инструмента познания интенсивности и периодичности эксплозивных извержений вулканов прилегающей суши и их влияния на экологию и климат в глобальном и региональном плане, большим авторским коллективом под эгидой М.В. Портнягина и В.В. Пономаревой, все полученные до 2018 г прослои тефры были проанализированы по единой методике, в основу которой были положены исследования химического состава вулканических стекол с использованием электронного микрозонда JEOL JXA 8200 (GEOMAR - Helmholtz Centre for Ocean Research, г. Киль, ФРГ) и массспектрометрии с индуктивно-связанной лазерной абляцией (LA-ICP-MS)

при Кильском университете. Результаты международного межлабораторного сравнения точности аналитических исследований вулканического стекла, выполненного по инициативе тефрохронологов группы INTAV показали, что принятая методика анализа стекол в GEOMARe отвечает всем критериям высокого качества анализов, как по точности, так и по воспроизводимости результатов [5]. В результате была создана единая электронная база данных, в которую вошло около 10 тысяч представительных химических анализов вулканических стекол дистальных тефр из морских отложений: Японского моря (292 анализа), Охотского моря (1108), Берингова моря (1175) и северозападной части Тихого океана (5753). В данный список не включены данные последних исследований тефр из скважин глубоководного бурения (5379 анализов), колонок 264 рейса RV «Sonne» (1328) и данные по криптотефре этого региона (около 3800 анализов), а также результаты по химическому составу минералов (пирокснов, амфиболов, темных рудных минералов и др.) (~2000 анализов). Определение стратиграфической позиции и возраста прослоев тефры было выполнено на основе возрастных шкал, разработанных авторами по результатам комплексных лито,- биостратиграфических и палеомагнитных исследований опорных колонок с применением методов изотопно-кислородной стратиграфии и данных абсолютной геохронологии по С14. Кроме авторских возрастных моделей опорных колонок были использованы все доступные опубликованные данные по стратиграфии четвертичных отложений региона, а при идентификации тефры выполнен сравнительный анализ с данными по тефре известных эксплозивных извержений вулканов прилегающей суши.

Берингово море. В колонках Берингова моря в толще осадков мощностью от 3 до 17 м было обнаружено 9 прослоев и 6 линз тефры [6]. Из них идентифицированы тефры Br2 (AN II), PL2 (SR1), SR2, SR4, SR5 и SR6, происхождение которых связано с извержением вулканов Анъякчак (3.6 Ка) на Аляске, Дальний Плоский (10.2 Ка) на Камчатке, Семисопочный (12.2 Ка) — на Алеутских о-вах, Окмок (~ 64 Ка) — на Алеутских о-вах, Шивелуч (~ 141 Ка) на Камчатке, Карымский (~ 177 Ка) на Камчатке соответственно [6–8]. С учетом значительной площади ареала пеплопадов сделано предположение, что эти тефры принадлежат к одним из крупнейших катастрофических эксплозивных извержений Аляски, Алеут и Камчатки голоцен-плейстоценового возраста с индексом вулканической активности (VEI) более 6.

Охотское море. В голоцен-плейстоценовых отложениях было обнаружено 25 прослоев тефры. Из них идентифицированы, а также прослежены и уточнены ареалы пеплопадов ряда крупных эксплозивных извержений вулканов Камчатки, Курильских и Японских островов. Это тефра КО, TR(Zv), K2, K3, T, Kc2-3, Aso4, которые связаны с крупными кальдерообразующими извержениями соответственно вулканов Курильского озера (Камчатка) (8.4 Ka),

Заварицкого (7.9 Ка) (о. Симушир, Курильские о-ва), Немо-III (30.5-31.2 Ка) (о. Онекотан) и более ранней стадией формирования вулкана Немо, Масю (о. Хоккайдо) (~35-38 Ка), Кутчаро (о Хоккайдо) (~80 Ка), Асо (о. Кюсю) (~88 Ка) [9]. Сделано предположение о влиянии эксплозий вулканов Срединного хребта Камчатки на формирование прослоев тефры AL7.4, AL7.2b, Md2.

Японское море. Пепловые прослои были изучены в 7 колонках, взятых на возвышенности Первенца и северном склоне возвышенности Ямато, где обнаружено 8 пепловых прослоев. Комплексное исследование тефр позволило идентифицировать 5 из них с пеплом разновозрастных эксплозивных извержений вулкана Байтоушань. Это пепловые прослои B-Tm (Baegdusan-Tomakomai), B-V (Baegdusan-Vladivostok), B-J (Baegdusan-Japan Basin), B-Sado (Baegdusan-Sado) и B-Og (Baegdusan-Oga), а также неизвестный ранее и выделенный нами впервые прослой B-Un1. На основе предложенных авторами возрастных моделей возраст пепловых прослоев B-V, B-Un1, B-J, B-Sado оценивается в 28.2-28.7, 38.3, 51.8, 66.6-71.8 Ка соответственно [10]). Предположительный возраст тефры В-Од оценивается в 450 Ка [10]. Кроме того в изученных колонках выявлены прослои тефры A-T (Aira-Tanzawa) and U-Sado (Ullreung-Sado). В изученных пепловых прослоях были обнаружены специфические разновидности минералов, которые присутствуют в породах со щелочной специализацией. Это железистые авгиты-геденбергиты, эгирин-авгиты, эгирины, арфведсониты, фаялиты. Впервые в пирокластике извержений вулкана Байтоушань выявлен специфический минерал энигматит, показаны особенности его химического состава. Установленная идентичность химического состава вулканических стекол и минеральных ассоциаций в разновозрастных пепловых прослоях свидетельствует о близких процессах магмогенерации вулкана Байтоушань в течение длительного периода времени. По всем этим признакам продукты эксплозивных извержений вулкана существенно отличаются от типичных островодужных обстановок, но хорошо согласуются с составом стекол и минералов из вулканитов, формирующихся в континентальных рифтогенных обстановках.

Северо-западная часть Тихого океана. Прослои тефры были обнаружены и изучены во многих колонках на континентальном склоне Камчатки и подводных возвышенностях Императорского хребта (Мейдзи, Детройт, Тендзи). Наиболее детально изучена колонка SO201-2-40 (в. Мейдзи). Согласно полученным возрастным моделям по этой колонке, дана оценка возраста тефр, которые отложились за период 215 тыс. лет в этой части океана. Показано, что достаточно уверенно идентифицируются с извержениями ряда вулканов Камчатки прослои тефры WP1 (в. Карымский, 7.9 Ка), WP4, WP5 и WP9 (в. Горелый, около 39, 80 и 125 Ка соответственно), WP6 и WPL2 (в. Опала, около 39, 76 и 94 Ка), WP14 (в. Карымский, около 177 Ка), WP11 (в. Шивелуч, 141 Ка) [11].

Многочисленные прослои тефры были обнаружены и изучены также в колонках с возвышенности Детройт (Lv63-04, MD01-2416), Тендзи (Lv76-12 –Lv76-18) с возрастом около 1 млн. лет, а также в скважинах глубоководного бурения ODP145-881, 882, 884, охватывающих возраст до 7.2 млн. лет. Материал этих исследований большей частью находится на стадии обсуждения и подготовки публикаций. Краткая информация по ним дана в ряде тезисов.

По результатам сравнительного анализа состава пирокластических пород на суше в районе Паужетской мегакальдеры (27х18 км) на Южной Камчатке и дистальной тефры в отложениях северо-западной части Тихого океана удалось оценить объем одного из мощнейших эксплозивных извержений вулканов Камчатки (более 200 км³, индекс вулканической активности (VEI) более 7.6) в среднем плейстоцене (около 421 тыс. лет назад) [12].

Полученные обширные результаты комплексных исследований тефр позволяют существенно дополнить сведения о крупных эксплозивных извержениях вулканов региона, дают возможность для разработки обобщенной тефрохронологической шкалы четвертичных отложений северо-западной части Тихого океана и сопредельных морей, необходимой при стратиграфической корреляции отложений, оценки природных изменений, вызванных этими извержениями, палеоокеанологических и палеогеографических реконструкциях. Полученная база данных послужит справочным материалом для региональных корреляций прослоев тефры и предоставит информацию о крупных эксплозивных извержениях вулканов в северной части Тихого океана. Корреляция полученной палеовулканической летописи с климатическими колебаниями позволит ставить вопрос о взаимосвязи этапов вулканической активности с резкими изменениями климата, включая оледенения.

Работа выполнена при финансовой поддержке российско-германского проекта KALMAR, РФФИ (гранты № 11-05-00506а, 13-05-00296а, 16-55-53048, 16-05-00127), РНФ (#16-07-10035), NSFC-RFBR (грант #16-55-53048) и Национального научного фонда Китая (гранты 41420104005, 40431002, 41476056, 41611130042).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Lowe D.J. Tephrochronology and its application: a review. // Quaternary Geochronology, 2011. V. 6. P. 107–153.
- Siebert L., Simkin T. Volcanoes of the World: an Illustrated Catalog of Holocene Volcanoes and their Eruptions. 2000. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program, Digital Information Series, GVP-3, available at: http://www.volcano.si.edu/world/.
- 3. Ponomareva V.V., Portnyagin M.V., Derkachev A.N. et al. A ~6 ma long record of major explosive eruptions from the Kurile-Kamchatka arc. 10th biennual

- workshop on japan-kamchatka-alaska subduction processes (JKASP-2018), 2018. Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 20th-26th August, 2018.
- 4. Cruise Report So265. Kiel, 2019. GEOMAR.
- 5. Kuehn S.C., Froese D.G., Shane P.A.R. The INTAV intercomparison of electron-beam microanalysis of glass by tephrochronology laboratories: results and recommendations.//Quaternary International 2011. V. 246(1–2). P. 19–47.
- 6. Derkachev A.N., Ponomareva V.V., Portnyagin M.V. et al. Widespread tephra layers in the Bering Sea sediments: distal clues to large explosive eruptions from the Aleutian volcanic arc // Bulletin of Volcanology. 2018. V. 80. № 11. DOI:10.1007/s00445-018-1254-9.
- Ponomareva V., Portnyagin M., Derkachev A. et al. Identification of a widespread Kamchatkan tephra: a middle Pleistocene tie-point between Arctic and Pacific paleoclimatic records. // Geophysical Research Letters. 2013. V. 40(14). P. 3538–3543.
- 8. Ponomareva V., Portnyagin M., Derkachev A. et al. Early Holocene M ~ 6 explosive eruption from Plosky volcanic massif (Kamchatka) and its tephra as a link between terrestrial and marine paleoenvironmental records // International Journal of Earth Sciences. 2013. V. 102(6). P. 1673–1699.
- 9. Derkachev A.N., Nikolaeva N.A., Gorbarenko S.A. et al. Tephra layers of in the Quaternary deposits of the Sea of Okhotsk: Distribution, composition, age and volcanic sources.//Quaternary International. 2016. V. 425. P. 248–272. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.004
- 10. Derkachev A.N., Utkin I.V., Nikolaeva N.A. et al. The tephra layers of the explosive eruptions of the Baitoushan (Paektusan) volcano in the quaternary deposits of the Sea of Japan // Quaternary International. 2019. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.01.043.
- 11. Derkachev A.N., Gorbarenko S.A., Ponomareva V.V. et al. Middle to late Pleistocene record of explosive volcanic eruptions in marine sediments offshore Kamchatka (Meiji Rise, NW Pacific) //J. Quaternary Sci., (in press).
- 12. Ponomareva M., Portnyagin M., Bubenshchikova N. et al. Identification of a widespread distal tephra from the middle Pleistocene Pauzhetka caldera (South Kamchatka) // J. Volcanology and Geothermal Research, 2018. V. 366. P. 1–12.

The results of comprehensive studies of the tephra layers of the northwest Pacific and adjacent seas have been carried out. The obtained data make it possible to develop a generalized tephrochronological scale of the Quaternary sediments in this region, which is necessary for stratigraphic correlation of sediments, to assess the natural changes caused by these eruptions, and paleooceanological and paleogeographic reconstructions.

Дорохова Е.В., Овсепян Е.А., Мурдмаа И.О.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: zhdorokhova@gmail.com)

Осадконакопление и придонные течения в районе плато Сан-Паулу (Юго-Западная Атлантика) в течение последних 167 тыс. лет

Dorokhova E.V., Ovsepyan E.A., Murdmaa I.O.

(Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia)

Sedimentation and bottom currents on the São Paulo Plateau (western South Atlantic) during the last 167 kyr

Ключевые слова: палеоокеанология, придонные течения, гранулометрический анализ, конечные элементы, сортируемый силт

Результаты гранулометрических анализов и их статистической обработки позволили реконструировать особенности осадконакопления на плато Сан-Паулу за последние 167 тыс. лет. Применение метода моделирования конечных элементов выявило смешивание трех конечных элементов в реальном гранулометрическом составе терригенной фракции. Анализ полученных данных показал увеличение скоростей придонных течений в интервалах оледенений.

Контуритовые дрифты, сформированные под воздействием придонных контурных течений, являются важным архивом палеоокеанологической информации. В Юго-Западной Атлантике относительные скорости придонных палеотечений реконструированы с последнего ледникового максимума, например, [1], однако о более ранних вариациях придонной циркуляции в этом районе известно очень мало.

С целью изучения изменений интенсивности придонных течений и особенностей осадконакопления изучена колонка АИ-3152 (28°37.338' ю.ш., 42°40.454' з.д., гл. 3435 м, длина 428 см). Исследуемая колонка отобрана в ходе 43-го рейса НИС «Академик Иоффе» в 2013 году [2, 3] с небольшого контуритового дрифта, сформированного на террасе плато Сан-Паулу. В настоящее время глубинная и придонная циркуляция в районе исследования контролируется контурными течениями Североатлантических глубинных вод (САГВ), Нижних Циркумполярных вод (НЦПВ) и Глубинных вод моря Уэдделла (УГВ).

Возрастная модель колонки основана на корреляции кривой изотопнокислородного состава раковин бентосного вида *Cibicidoides wuellerstofi* с опорной кривой LR04 для Мирового океана и подтверждена тремя радиоуглеродными датировками в верхней части разреза [4]. Согласно возрастной модели, вскрытые осадки охватывают временной интервал последних 167 тыс. лет. Для изучения особенностей осадконакопления и интенсивности придонных палеотечений выполнен гранулометрический анализ осадков колонки на лазерном дифракционном анализаторе размеров частиц SALD 2300 (Shimadzu, Япония). Гранулометрические анализы выполнены дважды для 153 образцов осадка. Первый раз — для натурального осадка и второй — для его терригенной составляющей после удаления органики перекисью водорода и карбонатов соляной кислотой.

Были проанализированы гранулометрические распределения (ГР) натурального и терригенного осадка. Для получения ГР карбонатного осадка использовалась разница между ГР валового осадка и ГР его терригенной части. Согласно полученным результатам, ГР карбонатной составляющей демонстрируют хорошо выраженную моду в крупно силтовой фракции, если содержание карбоната кальция в образце превышает 20%. Эта фракция представлена обломками фораминифер, ее повышенные содержание отмечается в теплые периоды: морские изотопные стадии (МИС) 3 и 5.

В качестве индикатора терригенного сноса и интенсивности придонных использовались результаты гранулометрического терригенной части осадка. Согласно полученным данным, терригенная составляющая осадка характеризуется бимодальными ГР. Для изучения вклада процессов осадконакопления в формирования гранулометрического состава осадка выполнена статистическая обработка ГР. Разделение непрерывных функций ГР методом конечных элементов (end-member modeling) выявило смешивание трех конечных элементов (КЭ) в реальном гранулометрическом составе терригенной фракции. КЭ1 с модой 3.5 мкм характеризует пелагическую седиментацию при низких скоростях придонных течений. КЭ2 и КЭ3 с модами на 20 и 60 мкм отражают процессы осадконакопления при умеренных и сильных течениях соответственно. Кроме того, нельзя исключать, что высокие значения вклада КЭЗ отражают процессы поступления тонкозернистого песчаного материла с турбидными потоками со склона плато.

Для реконструкции интенсивности придонных течений использовалось значение среднего размера сортируемого силта (sortable silt) [5]. Учитывался также вклад КЭ2 и КЭ3. Согласно полученным результатам, увеличение интенсивности придонных течений реконструировано в холодные МИС 3-2 и МИС 6. Кроме того, рост скоростей придонных течений коррелирует с понижением уровня Мирового океана, реконструированным [6]. Согласно предыдущим исследованиям увеличение продукции Антарктической донной воды и соответственно скоростей придонных течений отмечалось во время Антарктических изотопных максимумов [7]. Однако по нашим данным увеличение крупности терригенного материала совпадает также с некоторыми минимумами Антарктической изотопной кривой. Это несоответствие требует дальнейших исследований.

Слабый рост интенсивности придонных течений реконструирован для МИС 5.5. Вероятно, он отражает увеличение поступления САГВ в Южную Атлантику, что сопровождалось заглублением верхней границы НЦПВ –вод, агрессивных к карбонату кальция. Высокие значения содержания карбоната кальция в осадках (52%) подтверждают присутствие неагрессивных водных масс в исследуемом районе во время МИС 5.5.

Наиболее выраженные пики значений среднего сортируемого силта и КЭ2 и КЭ3, отражающие увеличение скоростей придонных течений, главным образом наблюдаются в периоды переходов МИС 6/5.5, МИС 4/3, МИС 3/2. По имеющимся данным в районе исследования эти переходы характеризуются изменением положения границ водных масс: НЦПВ/ САГВ, НЦПВ/УГВ и УГВ/НЦПВ соответственно [4]. Таким образом, рост скоростей придонных течений может быть связан с внутренними волнами, возникающими на границах водных масс. Во время перехода МИС 5.1/4 в районе отбора колонки преобладала НЦВП, смена водных масс не зарегистрирована, что отразилось в постоянстве низких скоростей придонных течений.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 18-17-00227).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Spooner P.T., Thornalley D.J.R., Ellis P. Grain size constrains on glacial circulation in the Southwest Atlantic // Paleoceanography and Paleoclimatology 2018. V. 33. doi:10.1002/2017PA003232.
- 2. Отчет 43-го рейса НИС «Академик Иоффе», 2013.
- 3. Сколотнев С.Г., Иванова Е.В., Мурдмаа И.О. и др. Изучение подводных гор и контуритовых систем Центральной и Южной Атлантики в 43-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Иоффе» // Океанология. 2018. Т. 58. № 4. С. 671–673.
- 4. Ovsepyan E.A., Ivanova E.V. Glacial–interglacial interplay of southern- and northern-origin deep waters in the São Paulo Plateau Vema Channel area of the western South Atlantic // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2019. V. 514. V. 349–360.
- 5. McCave I.N., Manighetti B., Robinson S.G. Sortable silt and fine sediment size/composition slicing: parameters for paleocurrent speed and paleoceanography // Paleoceanography. 1995. V. 10. P. 593–610.
- Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E. et al. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records // Quat. Sci. Rev. 2002. V. 21. P. 295–305.
- 7. Menviel L., Mouchet A., Meissner K.J. et al. Impact of oceanic circulation changes on atmospheric δ 13CO2 // Global Biogeochem. Cycles. 2015. V. 29. P. 1944–1961. doi:10.1002/2015GB005207.

The grain-size data and the results of end-member modelling are used to reconstruct sedimentation history on the São Paulo Plateau during the past 167 kyr. Application of the method of end-member modelling allowed us to determine three end members in the terrigenous fraction of the bulk sediments. Obtained data indicate an enhancement of bottom current flows during the glacials.

Зенина М.А.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва,

e-mail: maria_zenina@mail.ru)

Фауна остракод четвертичных отложений северо-восточного шельфа Черного моря

Zenina M.A.

(Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Quaternary ostracod fauna of the northeastern Black Sea shelf

Ключевые слова: Каспийское море, плейстоцен, голоцен, средиземноморские мигранты, соленость

На основе изменений в видовом составе выделено четыре сообщества: сообщество, представленное видами каспийского происхождения (I) (ранний неоплейстоцен), каспийское сообщество близкое по видовому составу с фауной Хвалынского бассейна (II) (от 13.6 до 7.4 календарных тысяч лет назад (кал. т.л.н.)), переходное сообщество со смешанной фауной каспийского и средиземноморского происхождения (II) (7.4-6.8 кал. т.л.н.) и сообщество, представленное средиземноморскими мигрантами (III) (6.8 кал. т.л.н. до настоящего времени).

На протяжении четвертичного периода на территории Черного моря существовали бассейны с абсолютно разными гидрологическими характеристиками от морских до почти пресноводных. Значительная часть позднеплейстоценовой фауны остракод Черного моря является общей с фауной Каспийского моря, что обусловлено неоднократно существовавшей связью между этими морями в четвертичное время и периодически происходившим фаунистическим обменом [1-3]. В последнее время активно изучаются голоценовые и позднеплейстоценовые сообщества остракод Черного моря [4-6]. Установлено, что в голоцене существовало три сообщества, последовательно сменившие друг друга: сообщество с фауной каспийского происхождения, переходное сообщество с фауной каспийского и средиземноморского происхождения и сообщество, представленное средиземноморскими мигрантами [7, 8]. В литературе мало сведений о сообществах остракод раннего неоплейстоцена. Цель настоящей работы изучить плейстоценовые комплексы остракод и изменения голоценовых сообществ, обусловленные установлением водообмена со Средиземным морем в начале голоцена.

Материалом для данной работы послужили образцы из инженерногеологической скважины RBH-16, пробуренной на краю шельфа на глубине 96 м у северо-восточного побережья Черного моря вблизи города Анапа. В ходе исследования рассматривались четвертичные осадки скважины до глубины 15 м ниже поверхности дна. Масс-спектрометрические радиоуглеродные

датировки (AMS ¹⁴C) для пяти интервалов сделаны по раковинам моллюсков в Веta Analytic Radiocarbon Dating Ladoratory (Florida) [9]. Перевод в календарный возраст произведен с помощью программы Calib 7.10 [10]. Всего изучено 15 образцов керна, не образующих непрерывного разреза. Кроме того, для получения более детальных сведений по распределению голоценовых сообществ остракод исследовалась фауна остракод из колонок Ak-2575 и Aк-521 [7, 8].

На основе изменений в видовом составе остракод выделено четыре сообщества. Сообщество I, представленное видами каспийского происхождения, охватывает интервал 15.55–14.11 м (скв. RBH-16). Оно характеризует осадки Чаудинского бассейна (ранний неоплейстоцен) и представлено разнообразным комплексом видов каспийского происхождения. Сообщество II охватывает верхнеплейстоценовые осадки Новоэвксинского бассейна и раннеголоценовые бугазские и витязевские отложения (13.6–7.4 кал. т.л.н.). В зависимости от изменений в видовом составе, сообщество II подразделяется на два подсообщества IIA, IIБ.

Подсообщество IIA отличается большим разнообразием видов каспийского происхождения и просуществовало до начала голоцена. Подсообщество 1IБ характерно для начала голоцена, когда установился водообмен со Средиземным морем и представлено несколько обедненным комплексом остракод [7, 8]. Переходное сообщество (III) включает 25 видов каспийского происхождения и пять видов средиземноморского происхождения. Регулярная встречаемость видов средиземноморского происхождения отмечается в сообществе III в осадках моложе 7.4 кал. т.л.н. Морское сообщество IV представлено обедненной фауной остракод средиземноморского происхождения, типичной для глубин > 50 м.

Фауна остракод Чаудинского бассейна свидетельствует о существовании в то время солоноватоводного бассейна, населенного разнообразной фауной каспийского типа, а также о сбросе вод бакинской трансгрессии в Чаудинский бассейн. Основными факторами, влиявшими на распределение остракод в позднем плейстоцене, были температура и соленость. Верхнеплейстоценовые отложения скважины соответствуют времени Новоэвксинской трансгрессии. Все виды остракод обнаруженные в отложениях этого времени являются общими с Хвалынским бассейном, что свидетельствует о фаунистическом обмене между этими бассейнами. Однако, видовое разнообразие остракод в начале голоцена постепенно сокращалось. Их исчезновение, повидимому, обусловлено изменениями солености. Бассейн каспийского типа просуществовал до 7.4 кал. т.л.н. Установление двусторонней циркуляции вод со Средиземным морем в начале голоцена привело к постепенному осолонению Черного моря и заселению средиземноморской фауной. Смена сообществ остракод происходила постепенно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Bahr A., Lamy F., Arz H.W. et al. Abrupt changes of temperature and water chemistry in the late Pleistocene and early Holocene Black Sea // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2008. V. 9.
- 2. Badertscher S., Fleitmann D., Cheng H. et al. Pleistocene water intrusions from the Mediterranean and Caspian seas into the Black Sea // Nature Geoscience. 2011. V. 4. P. 236–239.
- 3. Yanina T.A. The Ponto-Caspian region: environmental consequences of climate change during the Late Pleistocene // Quaternary International. 2014. V. 345. P. 88–99.
- 4. Boomer I., Guichard F., Lericolais G. Late Pleistocene to Recent ostracod assemblages from the western Black Sea // Journal of Micropalaeontol. 2010. V. 29. P. 119–133.
- 5. Yanko-Hombach V., Mudie P.J., Kadurin S., Larchenkov E. Holocene marine transgression in the Black Sea: new evidence from the northwestern Black Sea shelf // Quaternary International. 2014. V. 345. P. 100–118.
- 6. Williams L.R., Hiscott R.N., Aksu A.E. et al. Holocene paleoecology and paleoceanography of the southwestern Black Sea shelf revealed by ostracod assemblages // Mar. Micropaleontol. 2018. V. 142. P. 48-66.
- 7. Ivanova E.V., Marret F., Zenina M.A. et al. The Holocene Black Sea reconnection to the Mediterranean Sea: New insights from the northeastern Caucasian shelf // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2015. V. 427. P. 41–61.
- 8. Zenina M., Ivanova E., Bradley L. et al. Origin, migration pathways, and paleoenvironmental significance of Holocene ostracod records from the northeastern Black Sea shelf // Quaternary Research. 2017. V. 87. № 1. P. 49–65.
- 9. Zenina M. A., Chepalyga A. L., Murdmaa I. O., Malgezini G. Changes in the ostracod assemblages of the northeastern Black Sea shelf during the Late Pleistocene and Holocene. Paleontological journal. 2019. № 9. (in press)
- 10. Stuiver M., Reimer P.J., Reimer R.W. CALIB 7.1 [WWW program] 2019 at http://calib.org, accessed 2019-3-11.

Four distinct assemblage zones are identified on the northeastern Black Sea shelf: the Caspian type one typical for Chaudian basin (Early Neopleistocene) (I); the Caspian type one dominating from the Late Pleistocene to the early Holocene (II), according to species composition closed to Khvalynian basin (from 13.6 to 7.4 cal ka BP), the mixed one of Caspian and Mediterranean type species (III) (younger 7.4 cal. ka BP), and the assemblage with progressively increasing dominance of Mediterranean species (IV) (after 6.8 cal. ka BP).

Зорина С.О.¹, Рубан Д.А.²

(¹Казанский федеральный университет, г. Казань, e-mail: svzorina@yandex.ru; ²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, e-mail: ruban-d@mail.ru)

Новые данные о геохимических особенностях глубоководных юрских отложений Западного Кавказа Zorina S.O.¹, Ruban D.A.²

(¹Kazan Federal University, Kazan; ²Southern Federal University, Rostov-on-Don)

New data on geochemical peculiarities of the deep-marine Jurassic deposits of the Western Caucasus

Ключевые слова: дефицит кислорода, мергели, песчаники, тоарский ярус, Большой Кавказ

Тоарские кремнистые мергели и песчаники на Западном Кавказе демонстрируют геохимические особенности. В песчаниках установлено существенное превышение кларковых содержаний V, Co, As, Se, Nb, Mo, Sb, Cs, Ba. Соотношения оксидов и малых элементов свидетельствует о формировании песчаников на активной окраине в семиаридном климате. Изотопы углерода указывают на обеднение морской воды кислородом.

В пределах Западного Кавказа большим распространением пользуются терригенно-глинистые глубоководные отложения ранне-среднеюрского возраста [1]. В отношении вещественного состава они остаются все еще недостаточно изученными, хотя представляют собой значительный интерес для реконструкции закономерностей осадконакопления в полузамкнутых задуговых морских бассейнах активных континентальных окраин, где в морской воде имел место дефицит кислорода (вплоть до аноксии). В частности, в ходе недавних исследований в тоарских аргиллитах были установлены прослои кремнистых мергелей (впервые) и песчаников [2]. Целью настоящей работы является характеристика некоторых геохимических особенностей указанных пород. Это актуально в связи с тем, что изучение прослоев позволяет судить о нарушениях довольно монотонной глинистой седиментации.

Опробование проводилось в разрезе Хамышки–Липовая, расположенном в левом борту долины р. Белой в месте впадения ее притока – р. Липовой. В лабораториях НОЦ «Геотермохронологии» Института геологии и нефрегазовых технологий Казанского федерального университета по стандартным методикам определялись содержание оксидов породообразующих элементов, концентрации малых элементов и изотопное соотношение органического углерода $\delta^{13}C_{ont}$.

Состав кремнистых мергелей по оксидам породообразующих элементов оказывается следующим (в %): $Na_2O-0,553$, MgO-1,305, $Al_2O_3-11,967$,

 $\rm SiO_2-35,140,\ P_2O_5-0,552,\ SO_3-0,207,\ K_2O-2,328,\ CaO-22,814,\ TiO_2-0,640,\ Cr_2O_3-0,018,\ MnO-0,189,\ Fe_2O_3-5,584,\ NiO-0,009,\ CuO-0,010,\ ZnO-0,014,\ As_2O_3-0,003,\ Rb_2O-0,011,\ SrO-0,029,\ ZrO_2-0,019,\ BaO-0,048.\ Coctab песчаников отличается и имеет такой вид (в %): Na_2O-1,254,\ MgO-1,217,\ Al_2O_3-12,663,\ SiO_2-65,659,\ P_2O_5-0,628,\ SO_3-0,796,\ K_2O-1,467,\ CaO-3,210,\ TiO_2-0,529,\ Cr_2O_3-0,016,\ MnO-0,049,\ Fe_2O_3-6,433,\ CoO-0,001,\ NiO-0,013,\ CuO-0,006,\ ZnO-0,018,\ As_2O_3-0,003,\ Rb_2O-0,006,\ SrO-0,017,\ ZrO_2-0,019,\ BaO-0,017,\ PbO-0,003.$

Установлены следующие концентрации малых элементов в кремнистых мергелях (ppm): Li -48.9, Be -2.2, Sc -13.8, Ti -3404.9, V -96.3, Cr -78.3, Mn -1212.4, Co -9.7, Ni -34.8, Cu -30.4, Zn -79.0, Ga -17.8, As -11.6, Se -4.4, Rb -69.3, Sr -176.6, Y -23.1, Zr -116.6, Nb -10.6, Mo -0.5, Cd -0.1, Sn -2.1, Sb -0.5, Cs -5.5, Ba -301.2, La -32.1, Ce -62.5, Pr -7.1, Nd -24.9, Sm -5.2, Eu -1.2, Gd -5.4, Tb -0.8, Dy -4.3, Ho -0.9, Er -2.4, Tm -0.3, Yb -2.2, Lu -0.3, Hf -3.2, Ta -0.7, W -1.8, Tl -0.4, Pb -16.1, Bi -0.3. Элементный состав песчаников отличен и охарактеризован следующими значениями (ppm): Li -44.9, Be -1.7, Sc -14.1, Ti -3011.9, V -75.9, Cr -80.9, Mn -354.0, Co -24.3, Ni -71.9, Cu -24.5, Zn -121.1, Ga -15.5, As -30.1, Se -3.4, Rb -44.9, Sr -124.6, Y -19.2, Zr -111.6, Nb -9.8, Mo -2.4, Cd -0.1, Sn -1.3, Sb -1.8, Cs -3.1, Ba -171.6, La -21.2, Ce -46.9, Pr -5.3, Nd -19.3, Sm -4.2, Eu -0.9, Gd -4.1, Tb -0.7, Dy -3.6, Ho -0.8, Er -2.1, Tm -0.3, Yb -2.0, Lu -0.3, Hf -3.1, Ta -0.7, W -2.5, Tl -0.3, Pb -30.0, Bi -0.2.

Концентрации следующих малых элементов для песчаников существенно (более чем в 5 раз) превышены по отношению к кларкам [3]: V, Co, As, Se, Nb, Mo, Sb, Cs, Ba. Отмеченные аномалии отражают скорее геохимическую специализацию изученной территории. Кроме того, сравнительно повышенные концентрации этих элементов характеризуют как речные, так и глубоководные отложения [4], что согласуется с моделью накопления рассматриваемых пород на довольно крутом склоне (или у его подножья) островной дуги, т.е. близко от области размыва. Содержание многих других элементов весьма близко кларковым для данного типа пород.

Состав песчаников позволяет провести провенансный анализ в соответствии с общеизвестными принципами интерпретации на основе стандартных диаграмм, описывающих соотношение отдельных оксидов и элементов [5–10]. По его итогам могут быть сделаны следующие заключения. Во-первых, формирование пород происходило на активной континентальной окраине; прослеживается заметное сходство с островодужной обстановкой, отличия от рифтовой и даже пассивноокраинной обстановок также не столь четкие. Во-вторых, размыву подвергались довольно разнородные породы, включая основные и средние изверженные; есть признаки рециклинга осадочного материала. В-третьих, установлено значительное химическое изменение пород в области размыва с преобладание там

семиаридных климатических условий. Эти заключения лишь отчасти согласуются с общепризнанной интерпретацией обстановки седиментации на рассматриваемой территории в тоарском веке. Это само по себе свидетельствует о комплексности процесса формирования песчаников и специфике условий осадконакопления. В частности, стоит обратить внимание на то, что, по всей видимости, трансформация геотектонического режима (от рифта к задуговому бассейну) была постепенной и продолжалась на протяжении всей ранней юры. Что касается климатических условий, то на отдельных фрагментах островной суши они действительно могли характеризоваться меньшей влажностью, чем в регионе в целом.

Наконец, по изотопному соотношению органического углерода получены значения $\delta^{13}C_{opr}$ (‰ PBD) -25.7-25.8 для кремнистых мергелей и -26.0 для песчаников. Такие значения совпадают с зафиксированными в других раннеюрских морских бассейнах при некотором дефиците кислорода, однако довольно далеки от тех, что характеризуют пиковую тоарскую аноксию [11].

В целом, может быть сделан вывод о том, что породам, слагающим прослои в тоарской глинистой толще Западного Кавказа, присущи четко выраженные геохимические особенности, которые указывают на разные условия, возникавшие в глубоководном бассейне при нарушении монотонной глинистой седиментации. Более того, в условиях пликативно и дизьюнктивно нарушенного залегания пластов и предельной редкости остатков ископаемых организмов геохимические реперы могут пригодиться при решении локальных стратиграфических задач.

Авторы выражают искреннюю признательность Э. Салламу (Египет) за помощь с интерпретацией некоторых геохимических данных. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 14.Y26.31.0029 в рамках реализации постановления Правительства № 220 (C3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ростовцев К.О., Агаев В.Б, Азарян Н.Р. и др. Юра Кавказа. СПб., 1992.
 192 с.
- 2. Ruban D.A., Zorina S.O., Morozov V.P. et al. The Khamyshki-Lipovaja section

 a new geosite displaying unstable palaeoenvironments of the Early-Middle

 Jurassic semi-enclosed sea on the northern Neo-Tethyan margin // Natura

 Nascosta. 2018. № 52. P. 37–54.
- 3. Перельман А.И. Геохимия. М., 1989. 528 с.
- 4. Chester R., Jickells T. Marine geochemistry. Chichester, 2012. 411 p.
- 5. Akarish A.I.M., El-Gohary A.M. Petrography and geochemistry of lower Paleozoic sandstones, East Sinai, Egypt: Implications for provenance and tectonic setting // Journal of African Earth Sciences. 2008. V. 52. P. 43–54.

- Al-Juboury A.I.A. The Upper Miocene Injana (Upper Fars) Formation of Iraq: insights on provenance history // Arabian Journal of Geoscience. 2009. V. 2. P. 337–364.
- 7. Lowen K., Meinhold G., Gungor T. Provenance and tectonic setting of Carboniferous-Triassic sandstones from the Karaburun Peninsula, western Turkey: A multi-method approach with implications for the Palaeotethys evolution // Sedimentary Geology. 2018. V. 375. P. 232–255.
- 8. Mohammedyasin M.S., Wudie G. Provenance of the Cretaceous Debre Libanos Sandstone in the Blue Nile Basin, Ethiopia: Evidence from petrography and geochemistry // Sedimentary Geology. 2019. V. 379. P. 46–59.
- 9. Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S. Geochemical discrimination of siliciclastic sediments from active and passive margin settings // Sedimentary Geology. 2016. V. 332. P. 1–12.
- Wanas H. Abdel-Maguid N.M. Petrography and geochemistry of the Cambro-Ordovician Wajid Sandstone, southwest Saudi Arabia: Implications for provenance and tectonic setting // Journal of African Earth Sciences. 2006. V. 27. P. 416–429.
- 11. Xu W., Ruhl M., Jenkyns H.C. et al. Evolution of the Toarcian (Early Jurassic) carbon-cycle and global climatic controls on local sedimentary processes (Cardigan Bay Basin, UK) // Earth and Planetary Science letters. 2018. V. 484. P. 396–411.

The Toarcian siliceous marlstones and sandstones from the Western Caucasus demonstrate geochemical peculiarities. In sandstones, the contents of V, Co, As, Se, Nb, Mo, Sb, Cs, Ba are sufficiently above the Clarke contents. The ratios of oxides and elements imply sandstone formation on active margin in semiarid climate. Carbon isotopes indicate on oxygen deficit in seawater.

Иванова Е.В., Борисов Д.Г., Дмитренко О.Б., Мурдмаа И.О. (Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: <u>e_v_i</u>vanova@ocean.ru)

Комплексное стратиграфическое расчленение плиоценчетвертичных отложений и распространение перерывов на контуритовом дрифте Иоффе в юго-западной Атлантике Ivanova E.V., Borisov D.G., Dmitrenko O.B., Murdmaa I.O. (Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Multi-proxy Plio-Pleistocene stratigraphy and hiatuses in the Ioffe contourite drift, SW Atlantic

Ключевые слова: контуритовый дрифт, микрофоссилии, перерывы, придонные течения

Комплексом методов изучены вариации индикаторов интенсивности придонных контурных течений на дрифте Иоффе, расположенном на пути Антарктических донных вод из канала Вима в Бразильскую котловину. Сокращенная мощность биостратиграфических зон и наличие перерывов, подтвержденное несколькими методами, позволяют выделить два основных интервала усиления придонной циркуляции $0.81-1.6~\mathrm{M.л.h.}$ и $\sim 1.9-2.51/2.59~\mathrm{M.n.h.}$

Изучение вариаций интенсивности поступления Антарктических донных вод (ААДВ) в Южную Атлантику имеет принципиальное значение, поскольку эта водная масса - одна из основных в глобальном океанском конвейере. Кроме того, ААДВ агрессивны по отношению к микрофоссилиям с известковым скелетом, поэтому их присутствие в водной толще определяет глубину лизоклина и уровня карбонатной компенсации. Открытый в 2010 г. известковый контуритовый дрифт Иоффе на юге Бразильской котловины расположен в пределах субтропической зоны в 900 км от берега, к северо-востоку от главного прохода ААДВ – канала Вима. Дрифт сложен преимущественно биогенными известковыми илами и представляет собой уникальный объект для детального стратиграфического расчленения неоген-четвертичных контуритов Южной Атлантики, а также выявления перерывов и оценки изменчивости эрозионно-аккумулятивной деятельности ААДВ. Нами проведено биостратиграфическое расчленение верхней части осадочного чехла, вскрытого тремя колонками донных осадков АИ-2436, АИ-3316 и АИ-3318 на вершине и крутом северо-восточном склоне дрифта. В четвертичной части разреза установлено выпадение или сокращение мощности отдельных биостратиграфических зон [1, 2], выделенных ранее в Южной Атлантике по планктонным фораминиферам и известковому наннопланктону [3-5]. Комплексный подход, включающий измерение магнитной восприимчивости, спектрофотометрию цвета и анализ элементного состава методом рентгеновской флуоресценции [2] выявил гораздо более широкое, чем предполагалось ранее [1], распространение эрозионных перерывов в изученных разрезах. Перерывы в основном сконцентрированы в пределах интервалов наибольшей интенсивности придонных течений 0.81–1.6 м.л.н. и 1.9–2.51/2.59 м.л.н. Они выделяются по резким изменениям магнитной восприимчивости и отношений Са/Ті, Са/Аl. Полученные данные свидетельствуют о том, что вершина дрифта находилась под воздействием верхней ветви ААДВ и располагалась выше фораминиферого лизоклина по крайней мере с позднего плиоцена. Необычные для контуритовых дрифтов низкие скорости осадконакопления объясняются как географическим положением дрифта Иоффе в пределах низкопродуктивного субтропического круговорота, так и эрозионной деятельностью придонных течений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект №18-17-00227), наннофоссилии изучены в рамках Госзадания №0149-2019-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Ivanova E., Murdmaa I., Borisov D. et al. Late Pliocene Pleistocene stratigraphy and history of formation of the Ioffe calcareous contourite drift, Western South Atlantic // Marine Geology. 2016. V. 372. P. 17–30.
- Ivanova E.V., Borisov D.G., Dmitrenko O.B., Murdmaa I.O. Hiatuses in the late Pliocene–Pleistocene stratigraphy of the Ioffe calcareous contourite drift, western South Atlantic // Marine and Petroleum Geology. 2020. V. 111. P. 624–637.
- 3. Barash M.S. Oskina N.S. Quarternary biostratigraphy and surface paleotemperatures based on planktonic foraminifers// Initial Reports of Deep Sea Drilling Project / Barker P.F., Carlson R.L., Johnson D.A. (eds). V. 72. Washington: U.S. Government Printing Office, 1983. P. 849–869.
- 4. Berggren W.A., Hilgen F.J., Langereis C.J. et al. Late Neogene chronology: New perspectives in high-resolution stratigraphy // Bulletin of the Geological Society of America. 1995. V. 107. P. 1272–1287.
- 5. Дмитренко О.Б. Детализация зональной шкалы четвертичных донных отложений по кокколитам (возвышенность Риу-Гранди Атлантического океана) // Океанология. 1987. Т. 26. № 4. С. 617–623.

The Ioffe Drift located in the Antarctic Bottom Water pathway from the Vema Channel to the Brazil Basin provides a suitable site to study past variations in bottom currents. Our multi-proxy biostratigraphic, magnetic susceptibility (MS), color reflectance and X-ray fluorescence (XRF) data from three sediment cores documented the stratigraphic sequence of the uppermost part of the sedimentary cover ranging from the recent through upper Pliocene. The reduced thickness of biostratigraphic zones and occurrence of several hiatuses indicate the intervals of enhanced bottom-water circulation, notably from 0.81 to $1.6~\mathrm{Ma}$, at $\sim 1.9~\mathrm{Ma}$ and $2.51/2.59~\mathrm{Ma}$.

Клювиткина Т.С., Полякова Е.И.

(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, г. Москва, e-mail: t.klyuvitkina@mail.ru)

Изменения природной среды на континентальном склоне моря Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене по данным анализа водных палиноморф

Klyuvitkina T.S., Polyakova Ye.I.

(Moscow State University, Geographical faculty, Moscow)

Environmental Changes on the Laptev Sea Continental Slope During the Late Pleistocene and Holocene According to the Aquatic Palynomorph Analysis

Ключевые слова: водные палиноморфы, море Лаптевых, палеогеография, шельф, континентальный склон, голоцен

На основе изучения комплексов водных палиноморф в осадках двух датированных колонок, полученных на шельфе и континентальном склоне в западной части моря Лаптевых, реконструированы основные этапы послеледниковой трансгрессии за послелние 17.5 тыс. лет.

В статье представлены результаты анализа водных палиноморф в двух колонках донных осадков, полученных на внешнем шельфе (колонка PS51/159-10; 76°46' с.ш., 116°02' в.д.; палеодолина р. Хатанга; глубина моря 60 м; длина керна 447 см) и континентальном склоне (колонка PS51/154-11; 77°16' с.ш., 120°37' в.д.; палеодолина р. Оленек; глубина моря 270 м; длина керна 700 см) в западной части моря Лаптевых (рис. 1). Возраст осадков определен с помощью ускорительной масс-спектрометрии (AMS¹4C) в лаборатории им. Лейбница Университета г. Киль. Радиоуглеродный возраст был переведен в календарный с учетом поправки на региональный резервуарный эффект (370±49 лет) с помощью программы CALIB 4.3 [1]. Максимальный датированный радиоуглеродный возраст осадков колонки PS51/154-11 — 13.6 ¹4C тыс. лет (15.4 тыс. к.л.н.), экстраполированный возраст осадков нижней части колонки составляет 17.5 тыс. к.л.н. [1]. Осадки колонки PS51/159-10 соответствуют последним 12.7 тыс. к.л.

В качестве методической основы использовались данные по видовому и количественному распределению водных палиноморф в поверхностных осадках и установленные зависимости распределения видов от современных характеристик поверхностных вод [2, 3]. В качестве индикатора поступления нашельфпресных водиспользовался CD-критерий—соотношение содержания в составе ассоциаций водных палиноморф зеленых водорослей, которые приносятся на шельф с речными водами, и морских цист динофлагеллат [4, 5].

Также применялся АН-критерий – отношение содержания цист автотрофных (фотосинтезирующих) видов динофлагеллат к цистам гетеротрофных видов. Этот критерий используется для реконструкций продолжительности морского ледового покрова, продуктивности вод, распределения водных масс в арктических и субарктических районах [6, 7 и др.].

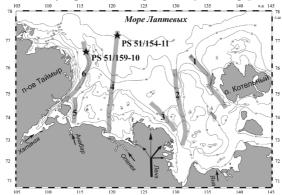


Рисунок 1. Местоположение исследованных колонок в море Лаптевых. Цифрами показаны палеодолины рек: 1 — Яна; 2 — Восточная Лена; 3 — Западная Лена; 4 — Оленек; 5 — Анабар; 6 — Хатанга.

Установленные в осадках колонок водные палиноморфы включают цисты динофлагеллат, зеленые водоросли, акритархи, а также органические остатки скелетов фораминифер. Среди палиноморф как по видовому составу, так и по численности доминируют диноцисты. На основе изучения комплексов водных палиноморф реконструированы основные этапы формирования природных обстановок за последние 17.5 тыс. лет (рис. 2).

В период от 17.5 до 13.0 тыс. к.л.н. уровень моря Лаптевых поднимался с высокими скоростями и достиг верхней части континентального склона. Изученный район моря оказался под влиянием палеостока р. Оленек, о чем свидетельствует постоянное присутствие в осадках зеленых водорослей, которые в настоящее время на континентальном склоне западной части моря не встречаются, и относительно высокие значения СD-критерия. В это время в западной части моря отмечалась максимальная продолжительность морского сезонного ледового покрова, что устанавливается по преобладанию в составе диноцист эвригалинных холодноводных видов Islandinium minutum, Brigantedinium simplex, Echinidinium karaense и цист Polykrikos sp., характерных для областей с продолжительным и сплоченным морским ледовым покровом в вегетационный период в Арктике [6].

Около 13.0 тыс. к.л.н. установлено увеличение пресноводного стока на континентальный склон, что выявляется по значительным концентрациям зеленых водорослей и повышенным значениям CD-критерия в колонке PS51/154-11. Это событие согласуется с изотопно-кислородными данными,

полученными по ряду колонок с континентального склона, которые интерпретируются как результат резкого сброса в море больших объемов пресных вод, обусловленного активными процессами термоабразии берегов, представленных рыхлыми высокольдистыми отложениями «ледового комплекса», и прорывом термокарстовых озер [8]. К этому времени уровень моря в ходе эвстатической трансгрессии превысил положение современной бровки шельфа и началось быстрое продвижение к югу береговой линии с катастрофически быстрым разрушением «ледового комплекса».

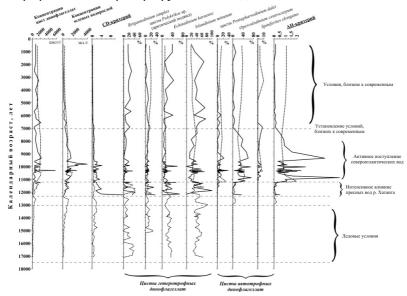


Рисунок 2. Палеогеографические события на континентальном склоне (пунктирная линия) и внешнем шельфе (сплошная линия) моря Лаптевых.

Около 13.0 тыс. к.л.н. в донных осадках континентального склона западной части моря (PS51/154-11) установлено первое появление диноцист – индикаторов атлантических вод в арктических морях (Operculodinium centrocarpum, Spiniferites elongatus и Pentapharsodinium dalei).

Интервал времени 13.0—11.2 тыс. к.л.н. ознаменовался значительными изменениями палеогидрологических условий в западной части моря Лаптевых, которые были обусловлены возросшей интенсивностью адвекции атлантических вод, что выявлено по увеличению доли видов североатлантического происхождения в ассоциациях, а также значений АН-критерия в осадках колонки PS51/154-11. На континентальном склоне эти цисты появляются около 13.0 тыс. к.л.н. С этого времени они постоянно присутствуют в осадках, свидетельствуя о поступлении сюда относительно теплых трансформированных атлантических вод.

По нашим данным 12.3 тыс. к.л.н. уровень моря в ходе трансгрессии достиг современной изобаты 60 м, что устанавливается по появлению морских видов диноцист в нижней части колонки PS51/159-10. Однако до 11.2 тыс. к.л.н. здесь остаются крайне высокими значения CD-критерия. Это позволяет заключить, что данный район шельфа в то время находился в области активного воздействия стока Анабара и Хатанги, общий эстуарий которых протягивался вдоль восточного побережья Таймыра. Приэстуарная область шельфа также реконструируется на основе преобладания в осадках колонки PS51/159-10 цист эвригалинных видов динофлагеллат.

Последующий временной интервал 11.2—7.0 тыс. к.л.н. ознаменовался резко возросшей интенсивностью поступления атлантических вод в море Лаптевых. Примерно 11.2 тыс. к.л.н. в ассоциациях водных палиноморф внешнего шельфа (PS51/159-10) скачкообразно увеличивается содержание цист относительно тепловодных и солоноводных видов динофлагеллат и видов североатлантического происхождения. Относительное содержание О. centrocarpum достигает 80%, а цист P. dalei — 40%. Значения АН-критерия, начиная с 11.2 тыс. к.л.н., в десятки раз превышают современные. Очевидно, что в этот период на западе моря значительно усилилась адвекция относительно теплых атлантических вод на шельф и, возможно, повысилась температура поверхностных вод и сократилась продолжительность сезонного морского ледового покрова.

В результате последовательного повышения уровня моря наблюдается дальнейшее смещение к югу береговой линии и устьев рек. На внешнем шельфе это фиксируется по резкому снижению (примерно в 4 раза) значений СD-критерия, которое отражает сокращение стока рек Анабара и Хатанги. Интересно, что в восточной части моря, в пределах палеодолины р. Яны значения CD-критерия в это время превышали современные примерно в 10 раз. Все это также указывает на область лавинообразного осаждения взвешенных речных наносов в палеоэстуарии [4, 9].

Около 9.7 тыс. к.л.н. установлено резкое кратковременное увеличение стока р. Хатанги, на что указывает пик концентраций зеленых водорослей и значений CD-критерия в осадках колонки PS51/159-10 на фоне общего увеличения скоростей осадконакопления.

После 9 тыс. к.л.н. на континентальном склоне и внешнем шельфе наблюдается последовательное снижение концентраций зеленых водорослей в осадках и значений CD-критерия, что отражает дальнейшее смещение к югу береговой линии и удаление устьев Оленека, Анабара и Хатанги как основных источников пресных вод. Содержание цист *P. dalei* резко сокращается (до 5%). Вместе с тем в составе ассоциаций продолжает доминировать, как и в предшествующий период, *О. сеntrocarpum*, указывая на постоянное и более интенсивное, чем в настоящее время, поступление североатлантических вод в западную часть моря Лаптевых.

Близкие современным гидрологические условия в западной части моря установились около 7.0 тыс. к.л.н., на что указывает формирование комплексов водных палиноморф, сходных с современными [3, 4], а также снижение скоростей осадконакопления (примерно до 15 см/тыс. лет), которые в среднем и позднем голоцене остаются постоянными [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Bauch H.A., Müller-Lupp T., Taldenkova E.E. et al. Chronology of the Holocene transgression at the North Siberian margin // Glob. and Planet. Change. 2001. № 31. P. 125–139.
- 2. Künz-Pirrung M. Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments of the Laptev Sea region (Arctic Ocean) and their relation to hydrographic conditions // J. Quat. Science. 2001. № 16(7). P. 637–649.
- 3. Клювиткина Т.С., Полякова Е.И. Изменения палеогидрологических условий в море Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене по материалам исследования водных палиноморф // Океанология. 2019. Т.59(3). С.433–448.
- 4. Клювиткина Т.С., Новичкова Е.А., Полякова Е.И. и др. Водные палиноморфы в осадках арктических морей Евразии и их значение для палеоокеанологических реконструкций позднего плейстоцена и голоцена (на примере морей Белого и Лаптевых) // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: Современное состояние и история развития / Под ред. Кассенс Х. и др. М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 448–466.
- 5. Matthiessen J., Künz-Pirrung M., Mudie P.J. Freshwater chlorophycean algae in recent marine sediments of the Beaufort, Laptev and Kara Seas (Arctic Ocean) as indicators of river runoff // Int. J. of Earth Sciences. 2000. № 89. P. 470–485.
- 6. de Vernal A., Rochon A., Fréchette B. et al. Reconstructing past sea ice cover of the Northern Hemisphere from dinocyst assemblages: status of the approach. Quaternary Science Reviews. 2013. V. 79. P. 122–134.
- 7. Mudie P.J., Rochon A. Distribution of dinoflagellate cysts in the Canadian Arctic marine region // J. of Quaternary Science. 2001. V. 16(7). P. 603–620.
- 8. Spielhagen R.F., Erlenkeuser H., Siegert C. et al. History of freshwater runoff across the Laptev Sea (Arctic) during the last deglaciation // Glob. and Planet. Change. 2005. № 48 (1–3). P. 187–207.
- 9. Polyakova Ye.I., Bauch H.A., Klyuvitkina T.S. Early to Middle Holocene changes in Laptev Sea water masses deduced from diatom and aquatic palynomorph assemblages // Glob. and Planet. Change. 2005. № 48. P. 208–222.

We carried out investigations of fossil aquatic palynomorph assemblages from the Laptev Sea sediments dating back to approximately 17.5 cal. ka. Using aquatic palynomorphs as principal proxy the major stages of development of postglacial environments in the Western part of the Laptev Sea were reconstructed.

Копаевич Л.Ф.

(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, г. Москва, e-mail: lkopaev@geol.msu.ru)

Морфология раковин планктонных фораминифер как отражение обстановок дефицита кислорода (Океанские бескислородные события)

Kopaevich L.F.

(Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Department of Regional and Historical Geology, Moscow)

Morphology of planktonic foraminifera shells as a reflection of Ocean anoxic events

Ключевые слова: океанские бескислородные события, меловой период, планктонные фораминиферы, морфология раковины

Во время мелового периода было несколько относительно коротких интервалов с низким содержанием кислорода в толще воды. Их назвали «Океанские бескислородные события». Эти события существенно изменили характеристики водных масс, что оказало значительное влияние на морфологию планктонных фораминифер. Процент таксонов с удлиненными камерами последнего оборота периодически увеличивается. Удлиненные камеры, вероятно, были выгодны для проживания в условиях низкого содержания кислорода в толще воды. Небольшой размер, расширенные камеры последнего оборота и тонкая стенка облегчали плавание в верхних слоях воды, которые наиболее насыщены кислородом.

На протяжении мелового периода зафиксировано несколько относительно коротких интервалов с пониженным содержанием кислорода в водной толще. Они получили название «Океанские бескислородные события – Осеап Anoxic Event (ОАЕ)». К числу четко стратиграфически приуроченных ОАЕ относят следующие: Фараони (Faraoni OAE) – конец готерива—начало баррема; Селли (Selli OAE1a) – ранний апт; три события связаны с альбом: Пакье (Paquier OAE1b) – ранний альб; Амадеус (Amadeus OAE1c) – середина альба и Брейштоффер (Breistoffer OAE1d), проявившееся в терминальном альбе. Широко распространенным территориально и самым «влиятельным» было пограничное сеноман-туронское событие Бонарелли (Bonarelli – OAE2).

К числу одному из заметных изменений в составе комплексов планктонных фораминифер на протяжении мелового периода является периодическое увеличение количества особей с удлиненными камерами последнего оборота. Удлинение камер являлось как бы периодически «возвращающимся» морфологическим признаком в меловом периоде и в кайнозое. Это позволяет предположить, что такая форма камер создавала

преимущество при определенных условиях окружающей среды. Одним из возможных условий такого преимущества являлась их адаптация к низкому содержанию кислорода в водной толще. Основанием для такого предположения послужил фактический материал из большого количества разрезов, принадлежащих разным регионам мира. Обобщающая сводка по этому вопросу приведена в работе итальянских специалистов, проанализировавших огромный фактический и литературный материал [5]. Они встречены в разрезах Средиземноморской, Европейской и Тихоокеанской палеобиогеографических областей. Периодическое «появление» морфотипов с удлиненными камерами последнего оборота установлено и в Крымско-Кавказском регионе [2, 6, 9].

Ранний мел. Анализ большого литературного и фактического материала показал, что планктонные фораминиферы разных таксонов, но обладающих вытянутыми камерами последнего оборота (hedbergellids, leupoldinids, globigerinelloidids, schakoinids) приурочены к уровням ОАЕ «Фараони», «Селли» и «Бонарелли». Каждый из этих интервалов имеет свои особенности.

Появлению первых меловых морфотипов с удлиненными камерами предшествует недолгий эпизод дефицита кислорода «Фараони», приуроченный к границе готеривского и барремского ярусов. Сразу вслед за ним происходит кратковременная диверсификация форм с удлиненными камерами (представители рода *Clavihedbergella*) на протяжении раннего баррема [2, 3, 4, 9].

Событие Селли связано с резким увеличением таксономического разнообразия ПФ с удлиненными камерами. Они появляются в разных морфологических группах: среди трохоидных раковин (hedbergellids), планооспиральных (globigerinelloidids), а также обладающих смешанным типом навивания (leupoldinids и schakoinids). Обобщение фактического материала показало, что существовала определенная последовательность в появлении этих таксонов. Так, самыми ранними представителями таксонов с удлиненными камерами являются трохоидные планктонные формы группы hedbergellids, затем следует группа leupoldinids. Последними появляются представители планоспиральных ПФ (globigerinelloidids). Во многих разрезах резкое увеличение группы leupoldinids отмечено над прослоем с повышенным содержанием Сорг. Последовательное появление различных групп планктонных фораминифер с удлиненными камерами можно объяснить степенью их толерантности к стрессовым обстановкам[2. 3, 5]. Предполагается, что группа планоспиральных globigerinelloidids была высокоспециализированной, и ей требовалось длительное время для адаптации и развития удлиненных камер [5].

В тоже время существуют некоторые различия в таксономическом разнообразии и стратиграфическом распределении планктонных фораминифер во время раннеаптского события Селли. Это связано с

региональными особенностями параметров водных масс: стратификация водной толщи, сезонные флуктуации, интенсивность биопродуктивности. Материалы Крыма и Северного Кавказа демонстрируют всплеск разнообразия и количественного доминирования форм с удлиненными камерами непосредственно в раннем апте. Увеличивается таксономическое разнообразие представителей родов Leopoldina, Clavihedbergella, Blowiella [2, 3]. В разрезах Италии, наряду с указанными таксонами, появляются планоспиральные планктонные фораминиферы с раздвоенными камерами [8]. В крымских разрезах в этом стратиграфическом интервале фиксируется резкое сокращение бентосных фораминифер вплоть до их полного отсутствия, и также имеются планоспиральные ПФ с раздвоенными камерами [2].

Альбские события Пакье, Амадеус и Брейстоффер не сопровождались заметным взрывом количества раковин с удлиненными камерами. В то же время появление таких форм как *Hedbergella simplex* и представителей рода *Schackoina* связано с событием OAE1b и OAE1d. Событие OAE1d послужило причиной вымирания специализированных планоспиральных представителей рода *Planomalina*, обладавших килеватым периферическим краем. После события Брейстоффер или OAE1d начинается бурная эволюция высокоспециализированного рода *Rotalipora* s.l., вернее большой высокоспециализированной группы *thalmannelids* [3].

Поздний мел. Самое заметное влияние на морфологию и таксономический состав планктонных фораминифер оказало пограничное сеноман-туронское событие Бонарелли (ОАЕ2). Оно привело к значительным изменениям в структуре комплексов, а также весьма существенно повлияло на морфологию раковины планктонных фораминифер. Расцвет высоко специализированных таксонов группы thalmannelids (Pseudothalmanninella, Parathalmanninella, Thalmanninella и, наконец, Rotalipora) был остановлен условиями дефицита кислорода, полностью блокировавшего возможность восстановления популяции. В то же время другие планктонные фораминиферы, с примитивной морфологией, благополучно миновали этот рубеж и продолжили свое дальнейшее развитие. Для этого этапа характерно высокое процентное содержание морфотипов с вытянутыми камерами р. Schackoina. Помимо эитого признака у некоторых видов последняя камера была раздвоенной, что дополнительно увеличивало плавучесть раковины. Детальнейшее изучение прослоя Бонарелли в разрезе Губбио (Италия) позволило выделить пять фаз [4], каждая из которых охарактеризована специфическим составом планктонных фораминифер. Состав комплексов свидетельствует о смене стабильных олиготрофных обстановок условиями эвтрофии, чередование которых носило цикличный характер. Затем следовало постепенное восстановление системы. В пограничных отложениях сеномана и турона Юго-Западного Крыма также удалось выделить несколько событий, которые сопоставимы с разрезом Бонарелли [1]. В пограничном сеноман-туронском интервале прослеживаются уровни «цветения» радиолярий и планктонных фораминифер р. *Heterohelix*, принадлежащего к таксонам, предпочитавшим обитание в эуфотической зоне [6,7]. Интенсивность влияния события ОАЕ2 на морфологию раковин ПФ, общность изменений на больших территориях указывает на субглобальный характер события и наименьшее влияние локальных особенностей. Скорее всего, морфологические изменения раковин были пропорциональны масштабу стресса, и событие Бонарелли (ОАЕ2) было более интенсивным. Последнее в меловом периоде событие ОАЕ 3 не имеет четкой стратиграфической привязки из-за его мало заметного влияния на изменение формы камер последнего оборота. Оно проявилось, скорее всего, в сильном расширении (вид *Globigerinelloides algerianus*) и последующем раздвоении последней камеры (вид *Globigerinelloides multispinus*). Появление этих таксонов связано с разными стратиграфическими уровнями в разных местонахождениях — от коньяка до кампана.

Преимущество удлиненных камер заключается в увеличении отношения поверхность/объем и, таким образом, в повышении плавучести раковины. Наибольшее увеличение этого отношения у планктонных фораминифер с удлиненными камерами, тонкая стенка, отверстия на концах камер помогали проникновению кислорода в раковину даже при минимальных его содержаниях в водной толще.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Алексеев А.С., Копаевич Л.Ф., Кузмичева Т.А., Никишин А.М. Пограничные сеноман—туронские отложения Юго-Западного Крыма. Ст. 1. Стратиграфия // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82. Вып. 3. С. 3–29.
- 2. Горбачик Т.Н. Юрские и раннемеловые планктонные фораминиферы юга СССР. М.: Наука, 1986. 238 с.
- 3. Копаевич Л.Ф., Горбачик Т.Н. Морфология раковины меловых планктонных фораминифер как инструмент для моделирования палеообстановок // Палеонт. Журнал. 2017. № 1. С. 1–13.
- 4. Coccioni R., Luciani V. A natural palaeoenvironmental stress-experiment in Earth History: the planktonic Foraminifera response to the severe disturbances induced by the latest Cenomanian Oceanic Anoxic Event (OAE 2) in the Tethyan reference Bottaccione Section (Gubbio, Italy) // 3rd Int. Congr. "EMMM". Abstr. Vienna, 2002. P. 62–63.
- 5. Coccioni R., Luciani V., Marsili A. Cretaceous oceanic events and radially elongated chambered planktonic foraminifera: Paleoecological and paleoceanographic implications// Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2006. V. 215. P. 66–92.
- Keller G., Pardo A. Biostratigraphy and palaeoenvironments of the Cenomanian-Turonian stratotype section at Pueblo, Colorado // Mar. Micropalaeontol. 2004. V. 51. P. 95–128.

- 7. Kopaevich L., Vishnevskaya V. Cenomanian–Campanian (Late Cretaceous) planktonic assemblages of the Crimea–Caucasus area: Palaeoceanography, palaeoclimate and sea level changes // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2016. V. 441 (2). P. 493–515.
- 8. Venturati A. Twin and bilobated chambered Cretaceous planktonic Foraminifera: Abnormal form induced by high paleoenvironmental stress? // Proc. Nat. Conf. Geosci., Sofia, 2006. P. 25–29.
- 9. Vishnevskaya V.S., Kopaevich L.F. Development of the Cretaceous radiolarians and planktonic foraminifers across the crises boundaries // Bull. Inst. Roy. Sci. Natur. Belg. Sci. Terre. 2008. V. 78. P. 87–115.

During the Cretaceous were several relatively short intervals with a low oxygen content in the water column. They were named "Oceanic anoxic events." These events changed essentially the characteristics of the water masses, which had a significant effect on the morphology of planktonic foraminifers. The percent of taxa with elongated chambers of the last whorl periodically increased. The elongated chambers were probably advantageous for dwelling in conditions the low oxygen content in the water column. The small size, extended last whorl chambers, and thin wall facilitated floating in the upper water layers, which are particularly rich in oxygen.

Кругликова С.Б.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: kruglikovasb@gmail.com)

Таксоны высокого ранга радиолярий как новый методологический подход в биоиндикации условий среды Kruglikova S.B.

(Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

High rang taxa of Radiolaria as a new methodological approach to bioindication of environmental conditions

Ключевые слова: Радиолярии Polycystina, распространение в Мировом океане, таксоны высокого ранга, биоиндикация условий осадконакопления

В статье обсуждаются вопросы применения метода биоиндикации условий среды с помощью исследований таксонов высокого ранга радиолярий.

Радиолярии Polycystina группа специфически морского микрозоопланктона, распространенная исключительно широко во времени и пространстве, ныне населяющая все океаны и большинство морей от Арктики до Антарктики. Только радиолярии Polycystina имеют скелет, состоящий из аморфного кремнезема (opal-A), который после отмирания клеток радиолярий опускается на дно и составляет часть морских донных осадков. Значительная часть кремнистых скелетов хорошо сохраняется в донных осадках и кремнистых осадочных породах, начиная с Кембрия. В современном Океане радиолярии имеют важное осадкообразующее значение и вместе с диатомовыми водорослями играют важную роль в кремневом цикле высокопродуктивных районов современного Океана. Polycystina одна из групп микропланктона наиболее чувствительная к изменениям условий палеосреды. Информация о них чрезвычайно важна для решения проблем океанского седиментогенеза, биоиндикации условий палеосреды, для определения возраста и биостратиграфии осадков, корреляции донных отложений. Современные знания о биоте радиолярий Мирового океана сводятся в основном к фрагментарной информации об их таксономическом составе, так как полная инвентаризация радиоляриевой фауны до сих пор отсутствует. Значительные различия взрослых и ювенильных экземпляров и географические варианты одних и тех же видов часто описываются как разные или новые виды, а разные виды нередко сводятся к синонимии. Все это приводит к путанице в общем понимании разнообразия фауны, ее вариабельности, географических различий отдельных видов и состава сообществ, а как результат - отсутствие единого мнения о том, что такое современный вид.

В качестве основы для стратиграфических построений и выводов о палеосреде ныне обычно используются сведения лишь о части современного сообщества полицистин, характерного для определенного района. Как правило, эта часть сообщества представлена наиболее легко узнаваемыми и определимыми видами, однако даже их экология и распространение не всегда хорошо известны. Исследование части танатоценоза не создает полного представления о палеосообществах или палеобиоценозах и не всегда приводит к достаточно достоверным заключениям о палеоэкологии, биогеографии и палеоокеанографии. Изменение состава ископаемых организмов отражает изменения климата, положение геологического разреза по отношению к береговой линии, изменения гидродинамического режима и соответственно условий осадконакопления и др. Автором впервые получены количественные данные о целостных сообществах полицистин на уровне таксонов высокого ранга (ТВР) из донных отложений различного возраста и различных районов Мирового океана от Арктики, включая окраинные моря, до Антарктики, Норвежское море, включая фьорды (в совторстве с К. Бьерклундом) и окраинные моря: Японское, Охотское, Берингово, Филиппинское, Соломоново, Новогвинейское и некоторые кайнозойских отложений.

Полученные автором данные о количественном распространении таксонов радиолярий ранга отрядов, подотрядов и семейств, структуры сообществ радиолярий в донных отложениях современного океана (по обилию и по числу видов в надвидовых таксонах), показывают, что географическим районам, отличающимся климатом, расстоянием от прибрежной зоны, гидродинамическим режимом или принадлежащим бассейнам разного типа и отложениям различного возраста, т.е. отвечающим различным экологическим условиям, соответствуют специфические ассоциации таксонов высокого ранга. Данные о количественной структуре сообществ полицистин на уровне ТВР в разных районах Мирового океана свидетельствуют об экологической обусловленности распространения надвидовых таксонов полицистин, а, следовательно, возможности использования этих данных для фациального анализа и палеоокеанологических реконструкций достаточно большого интервала кайнозойского времени. Большинство таксонов не только ранга отряда, но и подотрядов и семейств широко распространены и существует в течение огромного интервала геологического времени. Однако, данные о них могут использоваться только для обоснования стратиграфических границ сугубо локальных районов, а не глобальных стратиграфических рубежей. Именно специфическая количественная структура сообществ на уровне таксонов высокого ранга, характерная для разных районов Мирового океана, позволяет считать их важным инструментом для палеобиогеографических и палеоэкологических реконструкций. Количественные данные о таксонах надвидового уровня могут быть использованы для биогеографического районирования океана и индикации условий палеосреды [Кругликова, 1969а, в, 1981а, в, 2000; Bjorklund, Kruglikova, 2003]. Изменения количественных соотношений по численности между ТВР или по таксономическому составу (числу видов, принадлежащих этим таксонам) в современных отложениях разных географических районов и отложениях разного геологического возраста свидетельствуют об изменениях условий среды и связанных с ними изменениях структуры сообществ полицистин.

Результаты исследований полицистин из геологических разрезов разных районов Мирового океана, разного возраста и из различных климатических зон свидетельствуют, по мнению автора, что изменения количественной структуры сообществ на уровне ТВР соответствуют времени существенных флуктуаций палеосреды (изменениям климата или гидрологического режима, усилением вулканической активности и др.) Эти изменения проявляются через особенности литологического состава отложений и характерные видовые комплексы. Таксономический состав сообществ признак более стабильный, чем данные о количественных соотношениях не только между отдельными видами, но и между ТВР. Таксономический состав сообществ связан с историей расселения фауны, временем колонизации ей определенных районов океана. Количественная структура сообществ, в том числе соотношение таксонов высокого ранга по обилию, реагирует более чутко на изменения условий среды, чем собственно таксономический состав. Эти соотношения отражают пространственно-временные изменения условий среды, прежде всего, гидродинамики и климата акватории.

Следует обратить особое внимание на тот факт, что любое изменение экологической обстановки (колебания климата, прежде всего) сказывается фауны исследуемого сообщества. Выпадают или резко изменяются некоторые виды. Тем не менее, нужно отметить, что таксономический (видовой) состав радиолярий меняется достаточно постепенно: «выпадают» или резко изменяются единичные виды, изменяются их численность и количественные соотношения между разными видами. В целом весь комплекс остается достаточно длительное время вполне стабильным и узнаваемым, не изменяется столь быстро как количественные соотношения между ТВР (отрядами, подотрядами, семействами). Если «выразить» состав обсуждаемого сообщества не в виде списка видов, а в виде ТВР, мы получим более четкое и полное представление о состоянии сообщества радиолярий и его изменениях за время его существования. При этом, следует учесть отсутствие достаточных знаний о таксономии, экологии и биогеографии радиолярий. Состояние сообщества радиолярий, выраженное не в списочном составе видов, а в составе ТВР и количественных соотношениях между ними, позволят достаточно четко ответить на вопрос о моментах изменения среды и «состоянии» фауны радиолярий. Что особенно существенно, использование

ТВР позволяет устранить «шумы», привносимые недостаточно хорошо изученными видовыми сообществами радиолярий.

Новый метод биоиндикации условий среды с помощью исследований ТВР радиолярий уже нашел достаточно много исследователей использующих его. Е.С. Панасенко [1998] использовал этот методологический подход для исследования не только радиолярий, но для палеореконструкций при изучении палеозойских толщ Дальнего Востока с использованием соотношений разных таксономических групп кремневых микрофоссилий: радиолярий, альбаиллярий, спикул кремневых губок, кремнистых жгутиконосцев и др.

The article discusses the application of the bioindication method of environmental conditions using studies of high-ranking radiolaria taxa.

Левитан М.А., Гельви Т.Н., Домарацкая Л.Г.

(Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, e-mail: m-levitan@mail.ru)

Плейстоценовые отложения подводной окраины Анд Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G.

(Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow)

Pleistocene sediments of the Andes submarine continental margin

Ключевые слова: неоплейстоцен, эоплейстоцен, континентальная окраина, донные осадки, скорость накопления осадочного вещества

Впервые описана литолого-фациальная зональность нео- и эоплейстоцена двух основных районов подводной окраины Анд. Установлено общее доминирование терригенной седиментации и ее усиление в течение плейстоцена. Накопление биогенного опала было интенсивнее в эоплейстоцене, чем в неоплейстоцене. Это связано с активизацией Перуанского апвеллинга.

Настоящий доклад относится к циклу работ по плейстоцену континентальных окраин Тихого океана. В них раздельно рассматриваются неоплейстоцен, т.е. средний и поздний плейстоцен (Q_{2+3} , 0.01-0.80 млн. лет), и эоплейстоцен или ранний плейстоцен (Q_1 , 0.80-1.80 млн. лет по «старой» шкале [1]). По данным о четырех рейсах проекта ODP мы опишем историю формирования плейстоценовых отложений осадочного бассейна активной окраины андийского типа, расположенной на юго-востоке Тихого океана.

Подвижный пояс Анд тянется с севера на юг вдоль западной окраины Южной Америки примерно на 9 тыс. км и достигает наибольшей ширины (около 750 км) в своей средней части [2]. Средняя высота составляет примерно 4000 м, а наиболее высокие вершины достигают почти 7000 м. Андийский пояс разделяется на три части, отличающиеся своей тектоникой и историей геологического развития: Северные, Центральные и Южные Анды. Границы между ними проходят, соответственно, примерно по 5°с.ш. и по 42°ю.ш. Самый крупный сегмент — Центральный — состоит из трех секторов: северного, центрального и южного, границы между которыми, соответственно, расположены примерно на 15°ю.ш. и на 30°ю.ш. [2]. Все сегменты отличаются друг от друга также по орографии и климату. Очень четко, с применением количественных параметров, эти отличия описаны в [3].

Андийский пояс является одним из наиболее активных неотектонических поясов Земли, в котором отмечены значения восходящих горообразовательных движений до 2 мм/год [4]. Отметим также высокую современную и четвертичную вулканическую активность. Все это создает мощные потоки литогенного вещества в бассейн Тихого океана.

Крутые западные склоны Анд примерно совпадают по углам наклона с континентальным склоном, спускающимся до Перуанско-Чилийского глубоководного желоба, тальвег которого расположен на глубинах 5000-6000 м. В целом подводная окраина Анд очень узкая и нередко составляет только несколько десятков километров в ширину, расширяясь местами до 150-200 км.

Среднегодовая температура на поверхности океана в изученном регионе составляет от 14°C на юге до 24°C в районе экватора [5]. Основные течения направлены на север (Перуанско-Чилийское течение, Прибрежное течение) и на юг (Перуанско-Чилийское противотечение и противотечение Гумбольдта), чередуясь друг с другом. Особенности вертикальной циркуляции в водной толще тесно связаны с атмосферной циркуляцией: дующие с юга или с юговостока ветры формируют в некоторых районах сгонные течения, которые, двигаясь на запад, освобождают место для подъема промежуточных антарктических вод, богатых питательными веществами. Основных апвеллингов два: Чилийский и более интенсивный Перуанский [5]. При этом Перуанский апвеллинг выражен гораздо сильнее Чилийского и в водной толще, и в поверхностных осадках.

Современные осадки поверхностного слоя в описываемом регионе представляют собой итог смешивания латеральных потоков литогенного (в основном терригенного) вещества и вертикальных потоков диатомей. Апвеллинговые осадки отличаются высокими содержаниями планктоногенного органического вещества, обилием аутигенных фосфоритов, глауконитов, сульфидов железа.

В рассматриваемом регионе совершено четыре рейса глубоководного бурения: ОDP рейсы 112 [6], 141 [7], 201 [8] и 202 [5].

В равновеликой поперечной азимутальной проекции авторами составлены в масштабе 1:10000000 карты фактического материала и литолого-фациальные карты (с изопахитами) для двух возрастных срезов: нео- и эоплейстоцена. Из-за очень большой протяженности Южной Америки в меридиональном направлении и относительной узости ее тихоокеанской окраины пришлось все виды карт делать для двух районов: южного (широтные границы от 48 до 28° ю.ш.) и северного (широтные границы от 20° ю.ш. до 0°). Поэтому первичные описания будут даны раздельно для этих двух районов. В пространстве между ними скважин глубоководного бурения нет.

На литолого-фациальной карте неоплейстоцена подводной окраины южного района Анд показано распределение основных типов осадков. Карта выглядит очень просто: ее большую часть занимает огромное поле развития гемипелагических глин, а самое южная зона (на траверзе Южных Анд) сложена переслаиванием гемипелагических глин, песков и песчаников. Расположение изопахит неоплейстоценовых осадков демонстрирует

результаты терригенной седиментации с лавинными скоростями и центробежное убывание мощностей от источников сноса в пелагическом направлении. В целом площадь седиментации равнялась 213.00 тыс. км², а общий объем осадков составил 75.18 тыс. км³. При этом гемипелагические глины слагают 97% всего объема изученного осадочного чехла.

Литолого-фациальная карта эоплейстоцена южного района по своей сути ничем не отличается от неоплейстоценовой карты. Интересно, что отложения Чилийского апвеллинга в неоплейстоцене и эоплейстоцене не накапливались. Интенсивность седиментации (I) в неоплейстоцене была выше, чем в эоплейстоцене, по гемипелагическим глинам в 6.4 раза, по пескам и песчаникам — в 1.6 раза, в сумме по терригенным осадкам — в 5.6 раза.

На литолого-фациальной карте неоплейстоцена подводной окраины северного района Анд показано распределение основных типов осадков. Карта выглядит следующим образом: севернее 5°ю.ш. и южнее 15°ю.ш. развиты гемипелагические глины (более 33% площади), а в области между ними расположены: диатомовая глина, занимающая более 36% площади; диатомовые илы и переслаивающиеся с ними фораминиферовые глины (это переслаивание занимает около 30% всей площади района). При этом осадки, обогащенные фораминиферами, приурочены к шельфу и верхней части континентального склона. Реже встречаются шельфовые фораминиферовые пески, единичные маломощные прослои терригенных песков, турбидитов и тефры. Необходимо отметить, что северная и южная области развития гемипелагических глин только предполагаются авторами, т.к. скважин здесь нет. В целом хорошо выражено влияние Перуанского апвеллинга: осадки центральной части района обогащены Сорг, конкрециями фосфорита, доломитами, пиритом, глауконитом; характерны специфические комплексы бентосных фораминифер и диатомей; встречаются прослои, обогащенные костями рыб. Мощности осадков в зоне влияния апвеллинга растут от берега в пелагическом направлении.

Литолого-фациальная карта эоплейстоцена во многом похожа на неоплейстоценовую карту: также на юге и севере района на континентальной окраине развиты гемипелагические глины (36.8% от общей площади), а в его центральной части — набор из диатомовых глин (53.6%) и переслаивающихся диатомовых илов, диатомовых и фораминиферовых глин (менее 10%). Встречены также единичные маломощные прослои тефры, терригенных турбидитов и терригенных песков. Распределение изопахит для эоплейстоценовых отложений также напоминает неоплейстоценовую схему, однако в целом мощности возрастают. Из общего объема 53.4 тыс. км³ диатомовые глины составляют 53.6%, гемипелагические глины — 49.3%, диатомовые илы — 1.8% и фораминиферовые осадки — 0.7%. В эоплейстоцене

накопление терригенного вещества происходило интенсивнее, чем в неоплейстоцене: отношение IQ_{2+3}/IQ_1 равно 0.51. Соответствующее отношение для биогенного опала равно 0.78.

Сравнительный анализ свидетельствует о том, что в южном районе терригенная седиментация происходила существенно интенсивнее, чем в северном, а биогенное кремненакопление (в отличие от северного района) отсутствовало. При этом в южном районе терригенные осадки аккумулировались быстрее в неоплейстоцене, а в северном – в эоплейстоцене.

Если теперь сравним изменения в интенсивности аккумуляции терригенного вещества в нео- и эоплейстоцене для всей подводной окраины Анд (суммарно для южного и северного районов), то получим отношение $IQ_{2+3}/IQ_1=2.0$, т.е. в целом в плейстоцене происходило возрастание интенсивности накопления терригенного материала за счет неотектонических движений Анд.

Итак, вдоль подводной окраины Анд выделены два района: южный и северный. В первом из них развито только терригенное осадконакопление с уменьшением мощностей от берега в пелагическом направлении и усилением интенсивности аккумуляции терригенного материала в неоплейстоцене по сравнению с эоплейстоценом.

Центральная область северного района занята формировавшимися в зоне влияния Перуанского апвеллинга, в основном диатомовыми глинами, в меньшей степени – диатомовыми илами, фораминиферовыми глинами, фораминиферовыми песками и проч. Здесь депоцентр (зона наибольших мощностей) располагается в районе нижнего континентального склона, а в сторону берега мощности убывают. Это явление, скорее всего, связано с положением самого апвеллинга в плейстоцене и с биотранспортом как основным механизмом терригенной седиментации. В отличие от южного района здесь, наоборот, с эоплейстоцена по неоплейстоцен происходило уменьшение интенсивности терригенного осадконакопления. Этой же закономерности подчинено и накопление биогенных кремнистых осадков. Причиной является связь данного апвеллинга с промежуточными антарктическими водами. Чилийский апвеллинг в плейстоцене существовал. Явная активизация Перуанского апвеллинга в эоплейстоцене по сравнению с неоплейстоценом дополнительно свидетельствует о его связи с промежуточными антарктическими водами, т.к. именно в Южном океане в районе моря Росса обнаружено преобладание кремненакопления в эоплейстоцене по сравнению с неоплейстоценом [9]. Оба явления подтверждают концепцию двух океанов: «ледового» и «безледного» [10]. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-00157).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G. et al. A Geologic Time Scale 2004. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2004. 82 p.
- Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
- 3. Montgomery D.R., Balco G., Willett S.D. Climate, tectonics, and the morphology of the Andes // Geology. 2001. V. 29. № 7. P. 579–582.
- 4. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. На пути к постплейт-тектонике // Вестник Российской академии наук. 2015. V. 85. № 7. С. 605–615.
- 5. Mix A.C., Tiedemann R., Blum P. et al. Proc. ODP, Init. Repts. 2003. V. 202. College Station, TX (Ocean Drilling Program).
- 6. Suess E., von Huene R. et al. Proc. ODP, Init. Repts. 1988. V. 112. College Station, TX (Ocean Drillng Program).
- 7. Behrmann J.H., Lewis S.D., Musgrave R.J. et al. Proc. ODP, Init. Repts. 1992. V. 141. College Station, TX (Ocean Drillng Program).
- 8. D'Hondt S.L., Jørgensen B.B., Miller D.J. et al. Proc. ODP, Init. Repts. 2003. V. 201. College Station, TX (Ocean Drillng Program).
- 9. Левитан М.А., Гельви Т.Н., Домарацкая Л.Г. Фациальная структура и количественные параметры плейстоценовых отложений подводной континентальной окраины Земли Уилкса и моря Росса, Антарктида // Вестник ИГ КЦ УРО РАН. 2018. № 10. С. 17–22.
- 10. Левитан М.А. Сравнительный анализ пелагического плейстоценового кремненакопления в Тихом и Индийском океанах // Геохимия. 2016. № 3. С. 278–286.

We described the lithological-facies zonality of Neopleistocene and Eopleistocene sediments from submarine continental margin of Andes. It has been revealed the total domination of terrigenous sedimentation and it's increasing during Pleistocene. Accumulation of biogenic opal was more intensive in Eopleistocene than in Neopleistocene due to activation history of Peruvian upwelling.

Левитан М.А., Гельви Т.Н., Домарацкая Л.Г.

(Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, e-mail: m-levitan@mail.ru)

Фациальная структура и количественные параметры плейстоценовых отложений индоокеанской окраины Австралии

Levitan M.A., Gelvi T.N., Domaratskaya L.G.

(Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow)

Facies structure and quantitative parameters of Pleistocene sediments from the Indian Ocean continental margin of Australia

Ключевые слова: Австралия, Индийский океан, донные осадки, континентальная окраина, неоплейстоцен, эоплейстоцен

Выявлены три литолого-фациальные зоны на индоокеанской окраине Австралии с доминированием карбонатных осадков и увеличенной скоростью их аккумуляции в неоплейстопене.

Данное сообщение является частью нашего проекта по исследованию плейстоценовых отложений подводных континентальных окраин Мирового океана. В качестве фактического материала в проекте используются, главным образом, результаты глубоководного бурения (литология, стратиграфия, физические свойства плейстоценовых осадков). По ним составляются литолого-фациальные карты и схемы мощностей в масштабе 1:20000000 для нео- и эоплейстоцена в соответствии со шкалой [1]. За батиметрическую основу принята карта ГЕБКО 2004 года. Затем для расчетов используется объемный метод А.Б. Ронова [2], с помощью которого находят такие количественные параметры седиментации как величины занимаемых на картах осадками площадей и объемов; массы сухого осадочного вещества и массы осадков в единицу времени.

Для индоокеанской подводной окраины Австралии в качестве фактического материала послужили данные изучения керна скважин глубоководного бурения, изложенные в предварительных отчетах по рейсам: DSDP 26 [3]; ODP 122 [4]; ODP 182 [5]; IODP 356 [6]; IODP 369 [7].

В состав подводной окраины Австралии входят: шельф; континентальный склон, осложненный краевыми поднятиями в виде плато Эксмут и Натуралиста; континентальное подножье. За условную нижнюю границу континентальной окраины принята изобата 3000 м.

На построенной литолого-фациальной карте для неоплейстоцена видны три основные литолого-фациальные зоны: шельф и самая верхняя часть

континентального склона (до глубины первых сот метров), верхняя и средняя часть континентального склона (ориентировочно до изобаты 1500 м) и нижняя часть континентального склона и подножье.

Самая мелководная литолого-фациальная зона в целом сложена карбонатно-обломочными осадками, представленными, В детритом раковин двустворок, гастропод; бентосными фораминиферами; обломками кораллов и иглокожих, а также оолитами (на северном, северо-западном и западном шельфах); обломками мшанок (на южном шельфе в районе Большого Австралийского залива). В осадках найдены многочисленные зерна глауконита, а на южном шельфе, кроме того, доломита (в верхней части неоплейстоценового разреза). Седиментологи, изучавшие эти осадки в перечисленных рейсах глубоководного бурения, использовали классификацию карбонатных осадков Р.Ж. Данхэма [8]. В соответствии с их описаниями, среди осадков преобладают пакстоуны, вакстоуны и мадстоуны. Грейнстоуны встречаются сравнительно редко. Средняя карбонатность карбонатно-обломочных осадков составляет 96%. На северо-западном шельфе в районе рифа Эшмор встречены в верхней половине осадочного чехла неоплейстоценовых отложений многочисленные тела коралловых рифов. На южном шельфе им по возрасту (от примерно 0.6 млн лет по ныне) соответствуют тела мшанковых биогерм. В этих районах неоплейстоцена сложены фоновыми карбонатно-обломочными осадками. Мощность осадков рассматриваемой литолого-фациальной зоны обычно превышает 50 м на севере и западе и 100 м на юге, достигая местами на внешнем шельфе (особенно в районах развития коралловых рифов и мшанковых биогерм) 200-250 м.

Расположенная ниже по склону литолого-фациальная зона сложена достаточно монотонными кокколитовыми илами, а наиболее глубоководная зона — столь же однородными фораминиферово-кокколитовыми илами. В обеих зонах мощности неоплейстоценовых отложений не превышают 50 м, зачастую составляя всего 10–15 м.

В Тиморском желобе в неоплейстоценовое время располагалась еще одна литолого-фациальная зона, представленная переслаиванием радиоляриевококколитовых илов, кокколитовых глин и кокколитовых илов. Мощность осадков составляет 261 м, а нижележащие отложения не вскрыты.

Для эоплейстоцена откартированы те же три основные литологофациальные зоны, имеющие следующие важные отличия от неоплейстоценовых зон: 1) в наиболее мелководной зоне отсутствуют коралловые и мшанковые тела, оолиты и зерна доломита; 2) мощности осадков мелководной зоны заметно меньше, чем в неоплейстоцене, а остальные отложения других литолого-фациальных зон отличаются незначительно.

В соответствии с результатами обсчета карт по объемному методу А.Б. Ронова, площадь развития неоплейстоценовых отложений равна 1704.1

тыс. κm^2 , а их объем составляет 105.2 тыс. κm^3 . При этом объем карбонатно-обломочных осадков равен 79.8 тыс. κm^3 , кокколитовых илов — 11.4 тыс. κm^3 , фораминиферово-кокколитовых илов — 9.6 тыс. κm^3 , мшанковых биогерм — как минимум 1.2 тыс. κm^3 (без сейсмических записей точнее определить невозможно), радиоляриево-кокколитовых илов — 2.1 тыс. κm^3 и кокколитовых глин — 1.1 тыс. κm^3 .

Эоплейстоценовые осадки накапливались на площади не менее 1641.5 тыс. $км^2$, а их суммарный объем равен 67.5 тыс. $км^3$. При этом объем карбонатно-обломочных осадков равен 46.2 тыс. $км^3$, кокколитовых илов – 12.1 тыс. $км^3$, фораминиферово-кокколитовых илов – 9.2 тыс. $км^3$.

С использованием данных по влажности и плотности натуральных осадков объемы основных типов осадков были пересчитаны в массы сухого осадочного вещества, а затем полученные величины масс – в массы осадков в единицу времени. Результаты расчетов показаны в таблице. Ее изучение выявило доминирование на данной подводной окраине карбонатно-обломочных осадков и общую интенсификацию карбонатного осадконакопления в неоплейстоцене по сравнению с эоплейстоценом во всех основных литолого-фациальных зонах.

Таблица. Массы сухого осадочного вещества (M, 10^{18} г) и массы осадков в единицу времени (I, 10^{18} г/млн. лет) плейстоценовых отложений индоокеанской подводной окраины Австралии

Стратигр. подраз- деления	M, I	Карбонатно- обломочные осадки	Кокколитовые илы	Форамини- ферово-кокко- лито-вые илы	Мшанки	Радиоляриево- кокко-литовые илы	Кокколитовые глины
Неоплей-	M	47.76	9.01	8.45	1.08	1.55	0.41
стоцен	I	60.46	11.41	10.70	1.37	1.97	0.52
Эоплей-	M	38.93	10.58	8.94	0	0	0
тоцен	I	38.93	10.58	8.94	0	0	0

Использование дополнительных геолого-геофизических источников позволило интерпретировать полученные нами результаты. Выяснилось, что примерно 1 млн. лет назад вся Австралия и прилегающие районы Мирового океана, включая так называемый тепловой резервуар Индо-Пацифики, испытали сильное потепление, приведшее затем (в конце срединно-плейстоценового перехода, ориентировочно примерно с уровня 0.6 млн. лет назад) к аридизации Центральной Австралии, осолонению поверхностных вод и их пересыщению в отношении карбоната кальция [9]. Важную роль при

этом играл перенос тепла течением Лиуин из вышеупомянутого теплового резервуара. Эти события вызвали рост кораллов и формирование оолитов в тропиках и образование мшанковых биогерм в более высоких широтах, а также заметный рост биомассы карбонатного зообентоса на шельфах. Кроме того, в течение всего плейстоцена происходило (как минимум на северо-западе окраины Австралии, а мы полагаем, что и повсеместно) явное неотектоническое погружение подводной континентальной окраины. Оно доказывается структурой осадочного чехла на сейсмических записях [9], распределением мощностей плейстоценовых отложений и присутствием карбонатно-обломочных плиоценовых осадков под фораминиферовококколитовыми илами на плато Эксмут. Относительно небольшие мощности осадков на внутреннем шельфе объясняются влиянием циклов подъемаопускания уровня океана.

Своеобразная инверсия расположения зон развития кокколитовых и фораминиферово-кокколитовых илов, отмеченная выше в наших описаниях, может быть объяснена приуроченностью кокколитовых илов к наиболее крутой части континентального склона, с поверхности которой крупные и тяжелые (по сравнению с кокколитами) раковинки фораминифер просто скатывались на более низкие и пологие батиметрические уровни.

Таким образом, на подводной индоокеанской окраине Австралии в течение плейстоцена отмечен тот же тренд роста интенсивности накопления карбонатных осадков, что и в пелагической области Индийского океана [10].

Доклад подготовлен при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-05-00157 и госзадания № 0137-2018-0032.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G. et al. A Geologic Time Scale 2004. Cambridge Univ. Press. 2004. 82 p.
- 2. Ронов А.Б. История осадконакопления и колебательных движений Европейской части СССР (по данным объемного метода). М.: Геофиз. ин-т АН СССР (3). 1949. 136 с.
- 3. Davies T.A., Luendyk B.L. et al. Init. Repts DSDP. 1974. V. 26. Washington (U.S. Government Printing Office).
- 4. Haq B.U., von Rad U., et al. Proc. ODP, Init. Repts. 1990. V. 122. College Station TX (Ocean Drilling Program).
- 5. Feary D.A., Hine A.C., Malone M.J. et al. Proc. ODP, Init. Rept. 2000. V. 182, College Station TX (Ocean Drilling Program).
- 6. Gallagher S.J., Fulthorpe C.S., Bogus K.A. et al. Proceedings of the International Ocean Discovery Program. 2017. V. 356. College Station, TX (International Ocean Discovery Program).

- 7. Huber B.T., Hobbs R.W., Bogus K.A. et al. Expedition 369 Preliminary Report: Australian Cretaceous Climate and Tectonics. International Ocean Discovery Program. 2018. https://doi.org/10.14379/iodp.pr.369.2018.
- 8. Dunham R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture // Classification of Carbonate Rocks (Ed. W.E. Ham). Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 1962. № 1. P. 108–121.
- 9. Gallagher S.J., Wallace M.W., Hoiles P.W., Southwood J.M. Seismic and stratigraphic evidence for reef expansion and onset of aridity on the Northwest Shelf of Australia during Pleistocene // Marine Petrol. Geol. 2014. V. 57. P. 470–481.
- 10. Левитан М.А., Антонова Т.А., Гельви Т.Н. Фациальная структура и количественные параметры пелагической плейстоценовой седиментации в Инлийском океане // Геохимия, 2014. № 4. С. 350–360.

We revealed three lithology facies zones at the Indian Ocean continental margin of Australia with domination of carbonate sediments and enhanced accumulation rate in Neopleistocene.

Левитан М.А., Домарацкая Л.Г., Кольцова А.В., Сыромятников К.В.

(Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, e-mail: m-levitan@mail.ru)

Плейстоценовые отложения подводной окраины Юго-Западной Африки

Levitan M.A., Domaratskaya L.G., Koltsova A.V., Syromyatnikov K.V.

(Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow)

Pleistocene sediments of the South Africa submarine continental margin

Ключевые слова: неоплейстоцен, эоплейстоцен, донные осадки, Атлантический океан, глубоководное бурение, континентальная окраина, Юго-Западная Африка

По данным глубоководного бурения составлены литолого-фациальные карты масштаба 1:10000000 (с изопахитами) для нео- и эоплейстоценовых осадков континентальной окраины Юго-Западной Африки. Обсчет карт объемным методом выявил возрастание в течение плейстоцена скоростей накопления терригенных и карбонатных осадков и ослабление — кремнистых отложений.

В рамках осуществляемого в Лаборатории геохимии осадочных пород ГЕОХИ проекта по изучению плейстоценовых отложений подводных континентальных окраин Мирового океана представляются результаты наших исследований по окраине Юго-Западной Африке.

Был изучен регион, простирающийся от экватора до 35° ю.ш. и от береговой линии Африки до глубины 3000 м. По материалам глубоководного бурения для этого региона составлены литолого-фациальные карты (с изопахитами) для двух временных срезов: неоплейстоцена (0.8—0.01 млн. лет) и эоплейстоцена (1.8—1.0 млн. лет). Масштаб карт составляет 1:10000000. Они выполнены в поперечной азимутальной равновеликой проекции. В качестве батиметрической основы использовалась карта GEBCO [1]. Материалы по литологии, стратиграфии, физическим свойствам плейстоценовых осадков взяты из отчетов по рейсам: DSDP 40 [2], DSDP 75 [3], ODP 175 [4].

С севера на юг континентальная окраина Юго-Западной Африки граничит с такими крупными структурами как Ангольская глубоководная котловина, Китовый подводный хребет и Капская глубоководная котловина. В системе поверхностной циркуляции доминируют течения Агульяс и (главным образом) Бенгельское. В структуре вертикальной циркуляции основную роль играет Бенгельский (Намибийский) апвеллинг, в котором отклоняющаяся к северу от Антарктического циркумполярного течения струя поднимает

к поверхности южной части изучаемого региона богатые питательными веществами промежуточные воды, что приводит к формированию повышенной первичной продукции вдоль всей окраины с величинами свыше $180~{\rm r}~{\rm C/m^2/rog}$. В современную эпоху влияние отмеченной зоны высокой первичной продукции распространяется до глубины примерно $1000~{\rm m}~[4]$.

Поставка терригенного материала с суши осуществляется реками (перечисление с севера на юг) Конго, Кунене, Оранжевая и эоловым путем, причем здесь превалирует поступление эолового материала из пустыни Намиб. Северная часть исследованной окраины (от 0 до примерно 15° ю.ш.) в современную эпоху является областью доминирования терригенной седиментации (с небольшим пятном диатомовых глин в зоне влияния выносов р. Конго), а южнее преобладают планктоногенные карбонатные осадки [5], к которым на шельфе и континентальном склоне в районе воздействия Бенгельского апвеллинга добавляются фораминиферовые пески, глауконитовые пески (на шельфе), диатомовые илы и диатомовые глины с фосфоритовыми конкрециями [6].

На литолого-фациальной карте неоплейстоцена хорошо видны поперечная и продольная фациальные зональности. С севера до примерно 14° ю.ш. доминируют терригенные глины, которые на траверзе р. Конго на нижнем континентальном склоне замещаются диатомовыми глинами. Далее на юг примерно до 22° ю.ш. расположена карбонатная зона с полями диатомовых наноглин (чуть севернее устья р. Кунене), фораминиферовококколитовых глин шельфа и континентального склона и фораминиферовококколитовых илов на северо-восточном окончании Китового хребта. Южнее (ориентировочно до траверза р. Оранжевой) расположена зона влияния Бенгельского апвеллинга с переслаивающимися фораминиферовококколитовыми глинами, гемипелагическими глинами, кокколитовыми илами и диатомово-кокколитовыми глинами. Здесь особенно высока примесь глауконита, обычны фосфоритовые конкреции. Наконец, самая южная часть изученной окраины в неоплейстоцене была покрыта переслаивающимися кокколитовыми илами и карбонатными турбидитами.

Следует отметить, что практически все изученные осадки содержат по несколько процентов Сорг, причем наибольшие значения отмечены в двух районах: на траверзе р. Конго и в зоне влияния Бенгельского апвеллинга.

Мощности осадков свыше 100 м приурочены к зоне смешения вод р. Конго и морских вод, а также к зоне Бенгельского апвеллинга. На большей части подводной окраины преобладают мощности от 100 до 50 м, а в двух районах (между 7 и 22° ю.ш. и к югу от устья р. Оранжевой) почти половину площади изученной окраины в неоплейстоцене занимали осадки мощностью менее 50 м. Практически на всем протяжении исследованного района наблюдается закономерное уменьшение мощностей от берега в пелагическом направлении.

Обсчет описанной карты с помощью объемного метода А.Б. Ронова показал, что закартированная площадь равна 226.9 тыс. $\rm km^2$, а объем накопившихся осадков составляет 14.7 тыс. $\rm km^3$. В процентном отношении от всего объема содержание гемипелагических глин равно 37.4, наноилов – 18.4, карбонатных турбидитов – 9.5, наноглин – 8.8, кокколитовофораминиферовых глин – 8.2, диатомово-кокколитовых илов – 6.8, диатомовых глин – 4.8, диатомово-кокколитовых глин – 4.1. После пересчета объемов в массы сухого осадочного вещества выяснилось, что суммарная масса осадков неоплейстоцена в изученном районе равна 11.3 х $10^{18}\,\rm r$. Из них сухая масса терригенных осадков составляет 5.4, кремнистых – 1.2, карбонатных – 4.7 х $10^{18}\,\rm r$.

Литолого-фациальная эоплейстоцена карта весьма напоминает неоплейстоценовую карту общей фациальной структурой, однако обращает на себя внимание довольно сильное расширение площади, занятой слабо кремнистыми и кремнистыми осадками (в том числе и на поверхности северо-восточного окончания Китового хребта), уменьшение мощностей терригенных осадков и увеличение мощностей кремнистых отложений. В итоге объем эоплейстоценовых осадков равен 14.8 тыс. км³. В процентном отношении от всего объема содержание гемипелагических глин равно 29.1, наноилов – 10.8, карбонатных турбидитов – 9.5, наноглин – 1.4, кокколитово-фораминиферовых глин – 4.7, диатомово-кокколитовых илов – 2.0, диатомовых глин – 4.8, диатомово-кокколитовых глин – 31.8. После пересчета объемов в массы сухого осадочного вещества выяснилось, что суммарная масса осадков эоплейстоцена в изученном районе равна 11.9 х 10^{18} г. Из них сухая масса терригенных осадков составляет 4.2, кремнистых – 4.3, карбонатных -3.4×10^{18} г.

Расчет скоростей накопления основных групп осадков показал, что в течение плейстоцена возросла интенсивность накопления терригенных осадков (в 1.6 раза) и карбонатных отложений (в 1.7 раза), но уменьшилась скорость накопления кремнистых осадков (в 2.7 раза).

Увеличение поставки терригенного материала с территории Африки в течение плейстоцена, с нашей точки зрения, скорее всего, связано с возрастанием неотектонического воздымания Восточно-Африканской рифтовой зоны, относящейся к числу весьма активных в неотектоническом отношении горных поясов [7]. Напомним, что верховья северо-восточных притоков р. Конго расположены в южной части этой рифтовой зоны.

Интересно, что рост карбонатонакопления в неоплейстоцене по сравнению с эоплейстоценом противоречит ранее выявленной нами тенденции к падению карбонатонакопления в пелагической области Атлантического океана [8]. Таким образом, на малых глубинах (на континентальной окраине Юго-Западной Африки) в неоплейстоцене накапливалось больше карбонатных осадков по сравнению с эоплейстоценом, чем на больших. Как и указывалось

ранее, ситуация на больших глубинах объясняется влиянием увеличившегося в неоплейстоцене потока глубинных и придонных вод, растворяющих карбонаты [8]. До верхней части промежуточных и до поверхностных водных масс это влияние практически не доходит, поэтому здесь сохраняется тот же тренд возрастания продуктивности карбонатконцентрирующих организмов в течение плейстоцена, который ранее был зафиксирован для пелагиали Тихого и Индийского океанов [9].

История кремненакопления на континентальной окраине Юго-Западной Африки заметно отличается для двух основных районов: на траверзе р. Конго и в зоне воздействия Бенгельского апвеллинга. Данные глубоководного бурения убедительно свидетельствуют, что связанное с поставкой питательных веществ р. Конго накопление диатомовых глин усилилось в неоплейстоцене по сравнению с эоплейстоценом (аналогично аккумуляции гемипелагических глин). В то же время кремненакопление в зоне воздействия Бенгельского апвеллинга, во многом обусловленного влиянием Антарктиды, было гораздо более мощным и более распространенным по площади в эоплейстоцене, чем в неоплейстоцене. Это полностью подтверждает концепцию М.А. Левитана [10] о существовании в плейстоцене двух океанов: «ледового» и «безледного». В целом на площади изученной континентальной окраины в плейстоцене влияние Бенгельского апвеллинга на кремненакопление было гораздо большим, чем влияние поставки растворенных питательных веществ рекой Конго.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-00157), Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 20, госзаказа № 0137-2016-0008.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. www.gebco.org, 2004.
- 2. Bolli H.M., Ryan W.B.F. et al. Init. Repts. of the DSDP, vol. 40: Washington (U. S. Government Printing Office), 1978.
- 3. Hay W.W., Sibuet J.-C. et al. Init. Repts. of the DSDP, vol. 75: Washington (U. S. Government Printing Office), 1984.
- 4. Wefer G., Berger W.H., Richter C. et al. Proc. ODP, Init. Repts, vol. 175: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1998.
- 5. Емельянов Е.М., Ильин А.В., Лисицын А.П., Шурко И.И., Фроль В.В. Типы донных осадков // Международный геолого-геофизический атлас Атлантического океана (гл. ред. Г.Б. Удинцев). М: 1999-1990.
- 6. Батурин Г.Н. Фосфатонакопление в океане. М.: Наука, 2004. 464 с.
- 7. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. На пути к постплейт-тектонике // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85. № 7. С. 605–615.

- 8. Левитан М.А., Гельви Т.Н. Количественные параметры пелагической плейстоценовой седиментации в Атлантическом океане // Геохимия. 2016. № 12. С. 1091–1103.
- 9. Левитан М.А. Количественные параметры пелагической плейстоценовой седиментации в Мировом океане: глобальные закономерности и региональные особенности // Геохимия. 2017. № 5. С. 413–428.
- 10. Левитан М.А. Сравнительный анализ пелагического плейстоценового кремненакопления в Тихом и Индийском океанах // Геохимия. 2016. № 3. С. 278–286.

We have compiled lithological-facies maps with isopachites for Neo- and Eopleistocene sediments of the submarine continental margin of South-West Africa (scale 1:10000000). Processing of the maps by means of Ronov's volumetric method has revealed an increasing during the Pleistocene of accumulation rates for terrigenous and carbonate sediments and decreasing – for siliceous sediments.

Матуль А.Г., Казарина Г.Х.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail:amatul@mail.ru)

Северотихоокеанский эндемик диатомея Neodenticula seminae в современных североатлантических и голоценовых арктических осадках

Matul A., Kazarina G.

(Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow)

The North Pacific endemic diatom species *Neodenticula seminae* in the modern North Atlantic and Holocene Arctic sediments

Ключевые слова: современные климатические изменения, миграция диатомеи Neodenticula seminae, голоценовый климат Арктики, Тихоокеанские воды в Северной Атлантике

В современных осадках Северной Атлантики в заметных количествах встречен эндемичный тихоокеанский вид диатомовых водорослей Neodenticula seminae. Недавняя миграция N. seminae из области его современного обитания, Субарктического Тихого океана в Северную Атлантику может отразить океанографические изменения, начавшиеся в конце прошлого века и проявившиеся в усилении притока более теплой поверхностной Тихоокеанской воды в Атлантику. Микропалеонтологические исследования фиксируют неоднократные появления Neodenticula seminae в голоценовых осадках Арктики, отвечающих теплым временным интервалам вехнего плейстоцена и голоцена. Эти находки свидетельствуют о неоднократных эпизодах усиления взаимосвязи тихоокеанских и атлантических вод, однако, последний из них, современный, наиболее яркий.

Изучена ископаемая флора диатомей в образцах поверхностных осадков, полученных в Северной Атлантике вдоль мегамасштабного поперечного разреза (59.5°с.ш.) между Лабрадорским морем и Фарреро-Шетландским каналом. Изменения численности и видового состава диатомей позволили выявить нескольких дискретных областей, в которых ископаемые ассоциации заметно отличаясь друг от друга, хорошо согласуются с местными особенностями океанографического режима.

В большинстве образцов обнаружены закономерные для данных широт субарктические и северобореальные диатомеи: Actinocyclus curvatulus Janish, Actinocyclus ehrenbergii Ralfs., Bacterosira fragilis Gran. Coscinodiscus radiatus Ehr., Rhizosolenia alata Brightw., Rhizosolenia hebetata Gran., Thalassiosira leptopus (Grun.) Hasle & Fryxell, E. Jung., Thalassiosira eccentrica (Ehr.) Cleve, Thalassiosira gravida Cleve, Thalassiosira lineata Jouse, Thalassiosira trifulta Fryxell и др. Тем не менее, вдоль поперечного разреза можно выделить две совокупности диатомей: к востоку от 30°W в субфоссильных комплексах диатомей содержатся относительно тепловодные южнобореальные и

субтропические виды: Hemidiscus cuneiformis Wallich., Rhizosolenia bergonii Perag., Roperia tesselata (Roper) Grun., Thalassiosira oestrupii (Ostenf) Hasle. Такой состав ископаемых комплексов ассоциируется с влиянием Северо-Атлантического течения и позволяет при палеоокеанологических исследованиях трассировать его положение во времени. К западу от 30°W в серии образцов из Лабродорского моря и моря Ирмингера, наряду с обычной для этих широт североборельной флорой, в значительных количествах (до 15% от общей численности диатомей) обнаружен экзотический для данного региона вид Neodenticula seminae (Simonsen &Kanaya) Akiba & Yanagisava.

В настоящее время *Neodenticula seminae* рассматривается в качестве эндемика, принадлежащего северотихоокеанской планктонной ассоциации [9]. В Северной Пацифике этот вид существует уже более 4 млн. лет и широко представлен как в современном фитопланктоне, так и в ископаемых плиоцен-четвертичных ассоциациях. *N. seminae* — высокопродуктивный вид, индикатор богатых нитратами, хорошо перемешанных поверхностных вод субарктической Пацифики [11]. В поверхностных осадках Северной Пацифики *N. seminae* одни из доминирующих видов [2, 5, 9, 10]. Наиболее высокие содержания данного вида в поверхностных осадках (до 60%) коррелируют со среднегодовой температурой поверхностных вод в пределах 6—11°С и летней температурой 8—15°С [5, 9]. *Neodenticula seminae* - вид-индекс одноименной средне-верхнеплейстоценовой зоны в стратиграфической шкале по диатомеям для Северной Пацифики (0.075—0.095? млн. лет — ныне; [8]).

В Северной Атлантике *Neodenticula seminae* ранее была встречена только в глубоководных осадках плейстоцена, отвечающих интервалу времени приблизительно 1.2 0.8 млн. лет назад. Ее присутствие в это время связывается с этапом радикальных климатических изменений, произошедших в Атлантике в среднем плейстоцене, нестабильностью гидрологических условий и возможной взаимосвязью атлантических и тихоокеанских вод [7].

В современных поверхностных осадках северной Атлантики и ее морей долгое время вид не был отмечен ни в одном из многочисленных микропалеонтологических исследований. В 1999 году Neodenticula seminae была вновь зафиксирована в планктоне Лабрадорского моря. Эта находка позволила высказать предположение о начавшейся трансарктической миграции тихоокеанских вод и, соответственно, тихоокеанского планктона в Арктику и Северную Атлантику, вызванной, по-видимому, региональным потеплением и резким сокращением объемов морского арктического льда. Большинством исследователей Neodenticula seminae рассмотривается в качестве биологического индикатора климатических изменений, происходящих в настоящее время в Арктике и Северной Атлантике [7]. Позднее N. semina в небольших количествах (1–5%) была обнаружена в поверхностных отложениях Северного моря [7], единично в голоценовых осадках пролива Фрама [4, 6].

В современных отложениях Северного Ледовитого океана и его морей Neodenticula seminae не обнаружена. Микропалеонтологические исследования голоценовых отложений Арктики документируют несколько эпизодов появления N. seminae, коррелирующих с теплыми интервалами позднего плейстоцена и голоцена [1, 3, 12]. Вероятно, начиная с этапа общепланетарного потепления климата в конце позднего плейстоцена, периодически возникали условия, допускающие проникновение тихоокеанской воды в высокую Арктику и Северную Атлантику. Таким образом, присутствие Neodenticula seminae в современных отложениях Северной Атлантики не является исключительным явлением. Вместе с тем, обнаруженные нами в поверхностных осадках Лабрадорского моря и моря Ирмингера заметные содержания *N. semina* (до 15–16%, настоящая работа) и аналогичные находки китайских исследователей (L. Shao, персональное сообщение) существенно расширяют временные и пространственные границы этого уникального явления. По-видимому, масштаб и скорость проявления трансарктической миграции планктона в настоящее время заметно усилились. Отсутствие Neodenticula seminae в современных осадках Арктики и напротив ее заметная встречаемость в субфоссильных ассоциациях диатомей в Северной Атлантике преимущественно к западу от 30°W позволяют высказать предположение, что основной путь современной миграции данного вида происходит через проливы канадского архипелага.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гусев Е.А., Сколотнев С.Г., Александрова Г.Н. и др. Первые результаты изучения глубоководных илов с северного полюса // Доклады Академии Наук. 2008. Т. 421(6). С. 790–794.
- 2. Жузе А.П. Стратиграфические и палеогеографические исследования в северо-западной части Тихого океана. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 260 с.
- 3. Полякова Е.И. Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Науч. Мир, 1997. 145 с.
- 4. Bylinskaya M.E., Golovina L.A., Radionova E.P.et al. Paleoenvironments in the Fram Strait during Marine Isotope Stages 2-6 based on planktonic paleobiological and stable-isotope proxies and ice-rafted debris // Quaternary International. 2016. V. 420. P. 272–279.
- Kazarina G.Kh., Yushina I.G.. Diatoms in recent and Holocene sediments of the North Pacific and Bering Sea // Berichte zur Polarforshung. 1999. V. 306. P. 120–133.
- 6. Matul A., Spielhagen R.F., Kazarina G., Warm-water events in the Fram Strait during the last 2000 years as revealed by different microfossil groups // Polar Res. 2018. V. 37(1). 1540243. doi:10.1080/17518369.2018.1540243
- 7. Miettinen A., Koç N., Husum K. Appearance of the Pacific diatom Neodenticula seminae in the northern Nordic Seas an indication of changes in Arctic sea

- ice and ocean circulation // Mar. Micropaleontology. 2013. V. 99. P. 2–7.
- 8. Pushkar V.S., Cherepanova M.V., Likhacheva O.Yu. Detalization of the Pliocene Quaternary North Pacific Diatom Zonal Scale // International Journal on Algae. 2014. V. 16(3). P. 284–306.
- 9. Ren J., Gersonde R., Esper O., Sancetta C. Diatom distributions in northern North Pacific surface sediments and their relationship to modern environmental variables // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2014. V. 402. P. 81–103. http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.03.008
- 10. Sancetta C. Distribution of diatom species in surface sediments of the Bering and Okhotsk seas // Micropaleontology 1982. V. 28. P. 221–257.
- 11. Takahashi K. Siliceous microplankton fluxes in the eastern subarctic Pacific, 1982–1986 // J. Oceanography. 1997. V. 53. P. 455–466.
- Tsoy I.B., Obrezkova M.S., Aksentov K.I.et al. Late Holocene Environmental Changes in the Southwestern Chukchi Sea Inferred from Diatom Analysis // Russian J. Mar. Biol. 2017. V. 43(4). P. 276–285.

The modern surface sediment samples from the North Atlantic contain North Pacific endemic diatom species *Neodenticula seminae* (Simonsen & Kanaya) Akiba & Yanagisawa with abundances of 6 to 16%. The recent migration of *N. seminae* from its native area, the Subarctic Pacific, can reflect the oceanographic shift at the end of the last century as higher transport of the warmer surface Pacific water to the Arctic, Irminger, Labrador and Nordic Seas. Micropaleontological studies of the Holocene sediments document the multiple events of *N. seminae* appearance in the Arctic during the latest Pleistocene and Holocene warming intervals. These findings can suggest some events of the increased influence of the North Pacific water on the Arctic environments in the past, but recent warm climate amplification is most evident.

Мурдмаа И.О.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: murdmaa@mail.ru)

Перерывы (hiatuses) в разрезах глубоководных отложений: вырванные придонными течениями страницы геологической летописи

Murdmaa I.O.

(Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Hiatuses in sections of deep-sea deposits: lost pages of geological records as a result of the bottom currents activity

Ключевые слова: контуриты, гравититы, придонная циркуляция, эрозия, взмучивание, нефелоидный слой, сейсмоакустика, угловое несогласие.

Перерывы (хиатусы) представляют собой пробелы в стратиграфической последовательности разрезов, созданные эрозией придонными течениями в контуритах и гравитационными потоками в гравититах. Разность возрастов осадков под и над поверхностью хиатуса не является мерой длительности формирования хиатуса. В контуритовых системах Атлантики хиатусами удалены из разрезов интервалы, охватывающие до 10 млн. лет геологического времени. При этом контакты на поверхности несогласия очень резкие.

Термин hiatus стал часто потребляться в литературе по морской геологии после того, как при глубоководном бурении была выявлена значительная возрастная (стратиграфическая) прерывистость вскрытых осадочных разрезов. В русскоязычной литературе укоренился не совсем удачный перевод исходно латинского термина как «перерыв». Возникает вопрос, перерыв чего? Обычно на него отвечают: «перерыв осадконакопления», что в большинстве случаев неверно, ибо прерывалось не осадконакопление, а его документация в геологической летописи из-за уничтожения отрезка разреза эрозией. Говорить о длительности перерыва по разности возраста отложений ниже и выше поверхности перерыва (стратиграфического несогласия) поэтому не совсем корректно. При достаточной детальности датировок, можно достоверно определить лишь время конца перерыва, т.е. начала осадконакопления после перерыва, тогда как возраст осадка под поверхностью перерыва ничего не говорит о длительности породившей перерыв эрозии. По дате под поверхностью перерыва можно судить только об интервале геологического времени, в течение которого накопился уничтоженный эрозией интервал мощности отложений. Длительность эрозии может быть значительно меньше хроностратиграфического отрезка разреза, уничтоженного в «перерыве», вплоть до геологически мгновенной (нулевой). Поэтому, в качестве эксперимента, автор потребляет вместо «перерыва» транскрипцию в кириллице латинского термина «хиатус». Здесь рассмотрены только самые распространенные эрозионные перерывы (хиатусы), созданные в осадочной толще усиленными придонными течениями или гравитационными осадочными потоками, т.е. контуритовые и гравититовые системы соответственно.

В 43-м рейсе бурового судна Glomar Challenger (1975) в СЗ Атлантике, в скважине 384, пробуренной на подводном хребте, возвышающемся над абиссальной равниной Сом, был впервые вскрыт постепенный мелпалеогеновый переход [1]. Во всяком случае, к такому выводу пришли участники бурения после предварительного рассмотрения полученных в рейсе результатов. Действительно, микропалеонтологические данные зональной стратиграфии (по планктонным фораминиферам и наннофоссилиям) выявили в керне сильно биотурбированного нанно-ила примерно метровый переходный слой от верхов маастрихта к низам палеоцена. Однако, комплексы палеоценовых микрофоссилий встречены в виде заполнения ходов роющих организмов (burrows) на фоне маастрихтских отложений, а маастрихтские комплексы определены в убывающем кверху количестве ходов в палеоценовых отложениях. Смешанные мел-палеоценовые комплексы вроде отсутствуют. Тезис о непрерывности седиментации через К/Т границу тем самым ставится под сомнение некоторыми участниками рейса.[1].

За спорами о гораздо более важной проблеме К/Т границы, участники рейса (в том числе автор настоящего доклада) обратили меньше внимания поразительному хиатусу, уничтожившему около 10 млн. лет хроностратиграфии между близкими по составу и свойствам нанно-илами от раннего палеоцена до эоцена. Решив убедиться в правильности определения положения поверхности перерыва, я отобрал 4 смерслайда через отмеченную флажком предполагаемую линию хиатуса на коллекционной половине керна, выраженную лишь небольшим изменением цвета осадка. Одного взгляда под микроскопом даже мне, как не специалисту в микропалеонтологии было достаточно, чтобы убедиться в коренных отличиях флоры наннофоссилий в двух смер-слайдах под линией перерыва и двух над ней, отобранных на расстоянии 5 мм друг от друга. Трудно представить другой процесс возникновения столь резкого контакта между однородными мелкозернистыми осадками с разницей возраста в 10 млн. лет, кроме эрозии придонными течениями.

Многочисленные хиатусы, с уничтожением возрастных интервалов разрезов придонными течениями до сотен тысяч лет, выявлены биостратиграфическими методами (по зональной биостратиграфии планктонных фораминифер и наннофоссилий) в колонках с известкового дрифта Иоффе, ЮЗ Атлантика [2, 3]. Оказалось, что из-за хиатусов средняя

скорость осадконакопления в течение последних трех миллионов лет аномально низкая. Построенные в временной шкале разрезы демонстрируют преобладание эродированных интервалов геологического времени над затраченными на реальное осадконакопление [4]. Подобное соотношение хиатусов и аккумуляции осадков вероятно свойственно и многим другим контуритовым системам открытого океана.

Корреляция хиатусов охватывающих отрезки разреза с возрастным диапазоном сотни тысяч лет в разных колонках с вершины дрифта Иоффе [3] интерпретируется как признак синхронных региональных событий усиления придонных течении, эродировавших дно примерно на одну и ту же глубину. Мало того, корреляция частых асимметричных пиков кривой магнитной восприимчивости в тех же колонках свидетельствует о пульсации течений, приведшем к многократному чередованию эпизодов накопления осадков и их размыва в региональном масштабе.

Сейсмоакустическая съемка высокого разрешения выявила эрозионные поверхности с угловыми несогласиями осадочного происхождения между рефлекторами в дрифте Иоффе [4], а также почти во всех осадочных телах контуритов и гравититах северного сектора контуритовой системы континентального склона Патагонии [5, 6]. Угловые несогласия метят срезание эрозией наклонных структур контуритов и гравититов придонными течениями при миграции осадочных тел из зоны аккумуляции в зону эрозии и создают в разрезе колонок хиатусы без какого-либо участия неотектонических движений.

Выявление в разрезах колонок или скважин хиатусов осадочного происхождения позволяет реконструировать превышение придонными палеотечениями или гравитационными потоками предельных скоростей, выше которых поток начинает эродировать дно. Разумеется, предельные скорости зависят от прочности осадков (пород) дна под потоком, а также от свойств потока, его плотности, вязкости, содержания взвешенной твердой фазы, которые, в свою очередь, влияют на турбулентность. Эти сложные, далеко еще не решенные проблемы гидромеханики в данной работе не рассматриваются.

Особую роль в создании эрозионных хиатусов имеют сейчас [7] и имели, начиная с установления современной глубоководной придонной циркуляции в миоцене [8], Антарктические донные воды (ААДВ), омывающие дно Атлантического океана на глубинах больше 4000 м. Реконструкция путей движения ААДВ и хотя бы относительных скоростей их в недавнем геологическом прошлом, в том числе путем изучения хиатусов и современных обнажений на дне океана, является актуальной задачей совместных исследований гидрофизиков и морских геологов палеоокеанологического направления.

Автор благодарен сотрудникам Лаборатории палеоокеанологии и всем работникам ИО РАН, участвовавшим в сборе, обработке и интерпретации материалов для данного обобщения, а также в обсуждении основных положений работы в течение многих лет.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 18-17-00227).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Tucholke B. E., Vogt P. R. et al. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 1979. V. 43: Washington (U.S. Government Printing Office).
- 2. Ivanova E.V., Murdmaa I.O., Borisov D.G. et al. Ioffe Drift Stratigraphy// Marine Geology, 2016. V. 327. P. 17–30.
- 3. Ivanova E., Borisov D., Dmitrenko O., Murdmaa I. Hiatuses in the late Pliocene—Pleistocene stratigraphy of the Ioffe calcareous contourite drift, western South Atlantic // Marine and Petroleum Geology. 2020. V. 111. P. 624–637
- 4. Борисов Д.Г., Мурдмаа И.О., Иванова Е.В. Карбонатные контуриты дрифта Иоффе // Процессы в геосредах. 2018. № 17. С. 152–153.
- 5. Мурдмаа И.О. Росляков А.Г., Борисов Д.Г. Эрозионно-аккумулятивные процессы в северном секторе контуритовой системы континентального склона Патагонии. Статья 1 // Океанологичекие исследования. 2018. Т. 46. № 3. С. 193–213.
- 6. Мурдмаа И.О., Иванова Е.В., Казарина Г.Х. и др. Эрозионноаккумулятивные процессы в северном секторе контуритовой системы континентального склона Патагонии. Статья 2 // Океанологичекие исследования. 2019 (в печати).
- 7. Morozov E.G., Demidov A.N., Tarakanov R.Yu, Zenk W. Abyssal Channels in the Atlantic Ocean. Dordrecht: Springer, 2010.
- 8. Hernandez-Molina F.J., Paterlini M., Somoza L. et al. Giant mounded drifts in the Argentine Continental Margin: Origins, and global implications for the history of thermohaline circulation // Marine and Petroleum Geology. 2010. V. 27. № 7. P. 1508–1530.

Hiatuses are stratigraphic gaps created in contourites by bottom currents erosion and in gravitites by gravity flow erosion. The age difference between sediments below and above a hiatus surface does not measure duration of the hiatus formation. Hiatuses in the Atlantic contourite systems have removed up to 10 Ma long age intervals which show very sharp contacts at the erosional hiatus surface.

Немченко Н.В.^{1, 2}, Борисов Д.Г.¹, Мурдмаа И.О.¹, Симагин Н.В.¹

(1 Институт океанологии П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: ninnela@mail.ru; 2 Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва)

Средне-позднечетвертичная седиментация на севере Аргентинской котловины (Южная Атлантика) Nemchenko N.V.^{1,2}, Borisov D.G.¹, Murdmaa I.O.¹, Simagin N.V.¹

(¹Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow; ²Lomonosov Moscow State University, Moscow)

Mid-late Quaternary sedimentation in the northern part of the Argentine Basin (South Atlantic)

Ключевые слова: Антарктическая донная вода, Ла-Плата, придонные течения, литология, гранулометрия, магнитная восприимчивость, рентгено-флюоресцентный анапиз

Исследование посвящено изучению выделенных ранее эрозионно-аккумулятивных систем севера Аргентинской котловины с использованием большого спектра литологических методов, установлению роли придонных течений в осадкообразовании и рельефообразовании района, реконструкции палеоокеанологических событий.

Отрезок континентального подножия северо-западной части Аргентинской котловины является зоной, для которой характерны высокие скорости и относительная стабильность течений антарктических донных вод (ААДВ) (рис. 1). Течения образуют эрозионные и аккумулятивные формы рельефа (каналы, дрифты, осадочные волны), которые совместно с гравитационными осадочными потоками с континентального склона и фоновой гемипелагической седиментацией формируют в этой области эрозионно-аккумулятивные образования смешанного генезиса [1]. В этом районе выделено 3 эрозионно-аккумулятивные системы, с севера на юг: 1) эрозионно-оползневые системы у подножия южного склона плато Сан-Паулу; 2) область погребенных осадочных волн к югу от плато Сан-Паулу; 3) поле осадочных волн котловины Сантус, частично перекрывающее плато Санта Катарина [1, 2].

Материалом исследования послужили 4 колонки донных осадков, отобранных в 33-м, 35-м, 43-м рейсах НИС «Академик Иоффе», в интервале глубин 3410–4040 м (рис. 1) длиной 328–485 см. Все колонки сложены сероцветными восстановленными илами, с хорошо развитым поверхностным окисленный слоем. В разрезе колонок часто наблюдаются уплотненные прослои с признаками железистых хардграундов, также встречаются слои

силтового и силтово-глинистого материала [3–5]. Осадки были комплексно проанализированы различными литологическими методами.

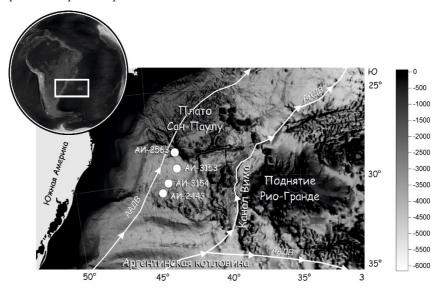


Рисунок 1. Район исследования с точками пробоотбора колонок донных осадков.

Были изучены шлифы и смер-слайды, для характеристики вещественного состава различных литотипов по разрезам колонок.

В лаборатории геологии Атлантики АО ИО РАН был выполнен детальный гранулометрический анализ по разрезам колонок на лазернодифракционном анализаторе SALD 2300 (Shimadzu, Япония). Диспергация частиц перед анализом проводилась с помощью триполифосфата натрия и ультразвуковой ванны, органическое вещество и карбонат кальция удалялись перекисью водорода и соляной кислотой. Результаты анализов терригенной составляющей осадка использовались в качестве индикаторов относительных скоростей придонных течений и интенсивности терригенного сноса.

По всем колонкам с шагом 0.5 см была измерена магнитная восприимчивость с помощью системы Bartington MS3 с поверхностным сканирующим датчиком (Surface Scanning Sensor) Bartington MS2E. Высокие значения показателей магнитной восприимчивости (пики) использовались в качестве индикатора увеличения терригенного сноса.

Новым для нас рентгено-флюоресцентным методом (XRF) по разрезам всех колонок был измерен элементный состав с шагом 1 см с помощью анализатора Olympus Vanta. Отношение Ca/Al использовалось как показатель

содержания известкового биогенного материала в осадке, Zr/Rb — как показатель увеличения содержания песчаной фракции. Увеличение значений Mn — отслеживание границ окислительно-восстановительных обстановок, хардграундов [6].

Гранулометрические анализы демонстрируют, что все колонки сложены в разной степени сортированным силтово-глинистым материалом, в частности, в одной колонке АИ-3153 прослеживаются три хорошо отсортированных песчаных прослоя. Увеличение крупности осадка в этой колонке также зафиксировано по отношениям Zr/Rb. В интервалах с хорошей и средней сортировкой наблюдаются одномодальные распределения с модами в областях мелкого, среднего, крупного силта (для силтово-глинистых слоёв) и с модами в областях мелкого песка (для песчаных прослоев АИ-3153). Это свидетельствует об одном источнике сноса и накоплении осадка при воздействии придонных течений разной интенсивности (от слабых к сильным). Предполагается, что придонные течения переносят и отлагают терригенный материал, главным источником которого является залив Ла-Плата, расположенный в 150 км к юго-западу от района исследования [2]. В интервалах с плохой сортировкой наблюдаются бимодальные распределения с модами в областях мелкого и среднего силта, что говорит о дополнительном источнике поступления осадочного материала, вероятно, им может оказаться циклически размывающийся шельф. По результатам изучения смер-слайдов и макроописания литологии колонок выявлено, что терригенное вещество присутствует в осадках в виде обломков минералов кварца, плагиоклаза, калиевых полевых шпатов, слюды, реже встречены амфиболы, пироксены и другие минералы тяжелой фракции [7].

Отношение Ca/Al характеризует биопродуктивность океанских вод. Все графики распределения этого параметра имеют общий ход кривых, отличаются интервалами повышенных и пониженных значений. Вероятнее всего, колебания этого параметра коррелируют с климатическими ледниковомежледниковыми циклами. Графики магнитной восприимчивости, в данном случае, не являются параметром для корреляции колонок между собой. Хардграунды характеризуются резким увеличением значений Мп, что связано с замедлением осадконакопления и изменением процессов раннего диагенеза.

На основании пилотного анализа видового состава планктонных фораминифер были построены возрастная модели разрезов колонок, охватывающий голоцен и плейстоцен [8].

По группам признаков изученные отложения отнесены к смешанному контуритово-гемипелагическому генетическому типу. К контуритам относятся колонки, отобранные с вершин и склонов активных в настоящее время осадочных волн. Контуриты доминируют у южного склона плато

Сан-Паулу, где в непосредственной близости проходят мощные потоки ААДВ, в дистальной части расположено поле иловых контуритов, что также свидетельствует о наличии течений, но с меньшей интенсивностью. Гемипелагические слои глин говорят о периодах с относительно слабыми придонными течениями, недостаточными для создания осадочных волн.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 18-17-00227).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Борисов Д.Г., Мурдмаа И.О., Иванова Е.В. и др. Контуритовые системы в районе южного эскарпа плато Сан-Паулу, Южная Атлантика // Океанология. 2013. Т. 53. № 4. С. 1–13.
- 2. Борисов Д.Г. Контуриты на континентальном подножии Южной Америки. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологоминералогических наук. М.: ИО РАН, 2013.
- 3. Отчет 33-го рейса НИС «Академик Иоффе», 2010.
- 4. Отчет 35-го рейса НИС «Академик Иоффе», 2011.
- 5. Отчет 43-го рейса НИС «Академик Иоффе», 2013.
- Rothwell, R.G., Croudace, I.W. Micro-XRF studies of sediment cores: a
 perspective on capability and alication in the environmental sciences // MicroXrf Studies of Sediment Cores / Croudace, I.W., Rothwell, R.G. (Eds.).
 Springer, Dordecht, 2015. P. 25–102.
- 7. Сейткалиева Э.А. Литология четвертичных отложений континентальной окраины на севере Аргентинской котловины // Геология морей и океанов. М.: ГЕОС, 2015. Т. 1. С. 230–232.
- 8. Сколотнев С.Г., Иванова Е.В., Мурдмаа И.О. и др. Изучение подводных гор и контуритовых систем Центральной и Южной Атлантики в 43-м рейсе научно-исслеовательского судна «Академик Иоффе» // Океанология. 2018. Т. 58. № 4. С. 671–673.

The research is dedicated to the study of previously identified erosion-accumulative systems in the north of the Argentine Basin. It is based on investigation of 4 bottom sediments cores using a wide range of lithological methods to establish the role of bottom currents in the sedimentation and relief formation and to reconstruct the paleo-oceanological events.

Никонов А.А.

(Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, e-mail: nikonov@ifz.ru)

Кольцевая каменная кладка на дне Ладожского озера как палеогеографический и археосейсмический маркер Nikonov A.A.

(Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences)

Ringshaped stone spreading-out on the Ladoga Lake bottom as paleogeographic and arhaeoseismic marker

Ключевые слова: Ладожское озеро, подводная археология, каменный век, кольцевая каменная выкладка, палеогеография, провалы дна, археосейсмический объект

Уникальный подводный объект у западного берега Ладожского озера – крупная искусственная кольцевая каменная выкладка на глубине $10\,\mathrm{m}$ —впервые рассматривается в палеогеографическом аспекте в связи с изменением уровня бассейна. Приводятся соображения о времени создания необычной выкладки и обстоятельства погружения ее под воду. Намечены и обосновываются признаки динамического воздействия на кольцевую выкладку в результате сильного землетрясения.

Уникальная находка сделана при подводных археологических исследованиях петербургских специалистов [1] (рис. 1). Исследования проводились с помощью гидролокатора бокового обзора у западного берега Ладожского озера вблизи устья р. Вуокса, где на удалении 0.1-0.6 км от береговой линии глубины возрастают от 5 до 15 м. Здесь, в 0.4 км от берега, на глубине около 6 м, были обнаружены остатки трех лодок длиной до 6 м каждая, что само по себе примечательно. Но главное, что в средней части приустьевой акватории на глубине 10 м, в 0.5 км от берега, прослежены каменные круги, точнее кольца, располагавшиеся как по отдельности, так и в ряд – пять «кругов» (колец) в полосе северо-западного простирания. При специальном осмотре одного из колец его диаметр определен 10 м (рис. 2). Оно создано из «валунов» размером 0.1–0.5 м, т.е. валунов и крупной гальки, с крупным камнем в центре. Ряд из пяти кругов, несомненно, выложенных на суше, вероятно, фиксирует простирание тогдашней береговой линии (в северо-западном направлении). Нет сомнений и в том, что сооружения эти дело рук человеческих. На территории Северо-Запада РФ автору известно, помимо лабиринтов, только одно подобное по форме и размерам каменное сооружение на северо-востоке Рыбачьего полуострова (Мурманская область), которое в 30-е годы XX века было идентифицировано как саамская постройка железного века [2].

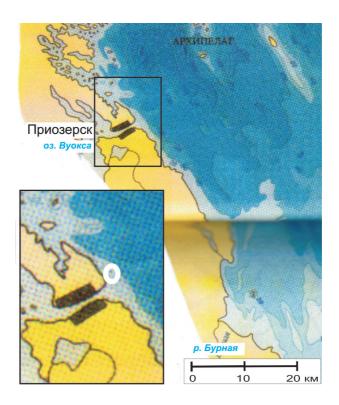


Рисунок 1. Положение кольцевой выкладки на батиметрической карте Ладожского озера (белый круг на врезке). Первая изобата от береговой линии $-20~\mathrm{M}$.

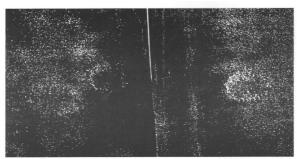


Рис. 20. Сонограмма каменного круга с камнем в центре. Два вида с разных позиций.

Рисунок 2. Сонограмма каменного кольца с камнем в центре. Два вида с разных позиций (по [1]).

До настоящего времени уникальное по конструкции и глубине нахождения под водой сооружение на Ладоге не привлекало внимание палеогеографов и, тем более, специалистов по неотектонике геодинамике, поэтому оставалось не встроенным в историю развития Ладожского бассейна и вмещающего его Ладожского грабена. Автор предпринял первый опыт. При этом сочтено необходимым опираться не только на традиционно разрабатываемые модели, но и привлечь принципиально новые, за последние десятилетия появившиеся материалы и выводы гео- и гидродинамического характера. Теперь доказано, что восточная часть Фенноскандии (как и остальная), начиная с позднеледниковья до последних тысячелетий включительно, подвергалась мощным землетрясениям и вслед за ними цунами на водных бассейнах. Ладожский грабен и его юго-западный борт не стал исключением [3 и мн. др.].

В тезисах уместно и возможно указать на две формы проявления сейсмотектоники в Ладожском грабене — это внезапные, при мощных землетрясениях, локальные вдольбереговые провалы участков побережий (и дна) и, пока одно известное, крупное проседание в глубокой части грабена раннеголоценового возраста, ~9.5 тыс. л.н. ¹⁴С, 10.5 тыс. л.н. кал. Оно определяется по обнаруженным на разных берегах Ладоги торфяникам соответствующего возраста, резко часто с размывом, и перекрытым тонкозернистыми озерными осадками. Если события локальные соотносятся с мощными землетрясениями, то относительно упомянутого проседания надежных свидетельств такой связи пока не установлено.

Так или иначе, главное состоит в том, что крупномасштабное проседание должно было поглотить настолько большой объем ладожских вод, что бассейн испытал общую «моментальную регрессию» — резкое падение уровня. В этом может заключаться причина того, что кольцевая конструкция оказалась на дне на глубине (в настоящее время) 10 м. Гипотеза требует дальнейшей проработки.

Здесь приведем вероятные решения, намечаемые с учетом имеющихся сведений. Как размер колец, так и их количество дают основание относить их к эпохе мегалитов (в региональном варианте), т.е. считать сооружения очень древними, созданными в начале послеледниковья или даже в позднеледниковье. Это эпоха раннего мезолита. Косвенно это вероятие обосновывается возрастом кости северного оленя (Rangifer tarandus) 11.4±0.67 тыс. л.н. ¹⁴С [ЛУ-5091], 12.6±0.7 тыс. л.н. кал. [4]. Кость залегала на том же побережье Ладогик юго-востоку от устья р. Вуокса, близ устья р. Бурной, выше по течению от местной дельты, в прослое континентальных отложений среди озерных, между тем как на правобережье дельта, вместе с подстилающей, рассеченной поперечно озовой грядой, оказалась относительно провалена.

Сооружения не относятся к рыболовным устройствам, которые могли создаваться в воде на мелководье. Они возводились на берегу, вероятно, северо-западного простирания, обширном, ровном, плоском, высотой над тогдашним уровнем озера не менее 1.5-2 м. Вопрос в том, как и когда они могли оказаться на 1 м ниже современного уровня Мирового океана, под толщей воды 6 м? В настоящее время кривая изменений уровня Ладожского озера за последние ~10 тыс. лет разработана с достаточной точностью. Первая крупная регрессия позднеледникового бассейна в Ладожском грабене имела место около 10 тыс. л.н., причем, по-видимому, в виде резкого, быстрого спада уровня ниже современной его позиции. Вторая - после максимума Ладожской трансгрессии 3.1 тыс. л.н., также очень быстрая. – в течение ~1 тыс. л.н. (прорыв р. Невы) [5, 6]. Абсолютная высота падения уровня в конце первой регрессии не установлена, вряд ли он был намного ниже современного уровня Ладоги. Падение уровня после Ладожской трансгрессии через 3 тыс. лет от 16 до 5 м абс. высоты закончилось вскоре. Единственный период, когда древние поселенцы могли освоить площадь близ современного устья р. Вуоксы на 7-8 м ниже современного уровня озера, восходит к ~10 тыс. л.н.

Оставляя в данном разборе за скобками вопрос о причине этого, катастрофического, спада вод, нельзя не затронуть конкретный вопрос о том, каким образом происходило затопление каменных кругов близ устья р. Вуоксы. Мыслятся два варианта, а именно, постепенное повышение уровня и затопление площади с каменными кладками (1) и резкое погружение прибрежного пространства (2). В пользу первого объяснения конкретные признаки отсутствуют. Наоборот, глубина нахождения кладок 6 м представляется слишком большой при реконструкции пика регрессии, поскольку затопленные (ныне) торфяники по берегам озера на такую глубину, даже на юге бассейна, не проникают. Помимо этого при постепенном затоплении (в условиях дельты) у береговой линии сооружения, по меньшей мере, частично, должны были разрушаться и/или заноситься наносами, но они невредимы и донными осадками не перекрыты. Такая ситуация понятна при втором варианте объяснения.

В пользу него можно привести один конкретный признак, археологами не замеченный. На сонарном изображении обследованного кольца каменной кладки хорошо видно, что ширина кольца неодинакова, в одном из секторов она значительно шире с выступанием за контуры симметричного круга (см. рис. 2). Это расшифровывается двояко. Во-первых, резонно принимать видимое сверху-сбоку расширение каменной полосы как указатель существования каменного вала, а не плоской выкладки, и его рассыпание, раскат (в одну сторону), что указывает на мощное, импульсное боковое воздействие — удар. Вариант разноса валунов подводными течениями или волновыми накатами при шторме труднодопустим. Такие эффекты в близких ситуациях типичны для сильных землетрясений.

К настоящему времени по побережьям Ладожского грабена известно много палеоземлетрясений большой силы и разного возраста, начиная с позднеледниковья, и до последних тысячелетий. В том числе выявлены независимо признаки сильного землетрясения 10-11 тыс. л.н. к северу от г. Приозерска. Важно в данном случае, что тут есть признаки провала полосы прибрежного дна при этом землетрясении, так что этот вариант объяснения столь низкого положения участка с кладками вполне реалистичен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Сорокин П.Е. Изучение памятников морской археологии в Финском заливе и на Ладожском озере в 2003 г. // Изучение памятников морской археологии. СПб. 2004. Вып. 5. С. 24–41.
- 2. Географический словарь Мурманской области. Т. 2. Мурманск, 1941. 240 с.
- 3. Никонов А.А., Шварев С.В. Сейсмолинеаменты и разрушительные землетрясения в российской части Балтийского щита: новые решения для последних 13 тысяч лет // Материалы Международной конференции «Геолого-геофизическая среда и разнообразные проявления сейсмичности» 23–25 сентября 2015 г. Нерюнгри. 2015. С. 243–251.
- 4. Никонов А.А., ван дер Плихт. Й. Первые радиоуглеродные датировки костных остатков представителей мамонтовой фауны на северо-западе России // ДАН. 2010. Т. 432. № 1. С. 120–123.
- 5. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб. 2009. 344 с.
- 6. Никонов А.А. Воздействие голоценовых пертурбаций Онежско-Ладожской гидрологической системы на древнее население прибрежных пространств // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 3. С. 171–177.

A unique underwater object on the western shore of Lake Ladoga - a large artificial ring stone laying at a depth of 10~m - is considered for the first time in the paleogeographic aspect in connection with a change in the water level of the basin. The author's reasons are given about the time of creation of the unusual layout and the circumstances of its immersion under water. The signs of dynamic effects on the annular spreading-out as a result of a strong earthquake are marked and justified.

Никонов А.А.

(Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, e-mail: nikonov@ifz.ru)

Моретрясения и цунами во внутренних бассейнах РФ и их отражение в разрезах донных осадков Nikonov A.A.

(Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences)

Seaquakes and tsunamis in inland water basins of the Russian Federation and their impressions in sections of bottom sediments

Ключевые слова: моретрясения, землетрясения, цунами, внутренние водные бассейны, донные отложения, нарушения в бассейновых осадках, Белое море, Ладожское озеро, Балтийское море, Черное море, озеро Байкал

В статье рассматриваются краткие, но мощные возмущения земной поверхности и водной массы во внутренних бассейнах России (Белое море, Ладожское озеро, Балтийское море, Черное море, озеро Байкал). Приведены примеры по разным бассейнам. Характеризуются признаки нарушений в разрезах и колонках донных отложений, возникающие именно при этих событиях (в отличие от изменений постепенных за счет климатических колебаний и изменений уровня бассейна).

Предварительные пояснения

Колонки донных отложений водных бассейнов – летопись осадконакопления и природных изменений в бассейне и в окружающей среде – давно и весьма плодотворно изучаются специалистами разных научных направлений. Основные результаты получают для периодов и фаз длительностью в тысячи, редко – в сотни тысяч лет. Исследования осуществляются в рамках представлений о постепенных изменениях природной среды на суше и в бассейне. Между тем, теперь установлено, что не только в тектонически активных областях, но и на платформах изредка возникали мощные землетрясения, а во внутренних бассейнах и моретрясения, с последующими цунами, моментально и ненадолго нарушавшие и менявшие окружающую среду.

При моретрясениях, воспринимаемых людьми на судах и на льду как сильные колебания, естественно сильно сотрясается морское дно и толща слагающих его осадков. При этом не может не происходить, во всяком случае, в верхней, неуплотненной и водонасыщенной, части столба осадков, их расползание, вплоть до превращения в суспензию, перемешивание вещества, и нарушается нормальная (при спокойном режиме осадконакопления) стратификация, появляется реверсия осадков в трехмерном пространстве толщи. При резких толчках, когда со дна выбрасываются столбы и фонтаны флюидов, а на судах подскакивают предметы и подбрасывает людей, силу сотрясений на дне, с учетом жестких динамических воздействий, резонно оценивать I≥VII-VIII баллов. При этом в донных осадках должны были возникать не только пликативные деформации, но и разрывы слоев, смещения, пертурбации, так называемые сейсмиты. До настоящего времени палеогеографы и биостратиграфы их не

распознавали и/или не интерпретировали (в отличие от сейсмогеологов).

В случаях возникновения сильных цунами, следующих часто за мощными тектоническими землетрясениями, в придонных осадках (соответствующего времени) также происходят серьезные нарушения, причем не только в эпицентральных областях землетрясений, но на разном удалении, вплоть до противоположных берегов крупных бассейнов. Нарушения в осадках, в данной группе, и под водой, и на суше, создаются движущимися с огромной скоростью волнами наката и отката и их сериями, в общем, параллельно подстилающей поверхности, т.е. латерально.

Большинство исследователей бассейновых отложений четвертичного возраста, если и замечали в разрезах отдельные нарушения стратификации, несогласия, резкие изменения фаций и аномалии в спектрах биоиндикаторов, то безвариантно толковали их как признаки климатических изменений или резкого изменения уровня моря. При этом обычно не обращалось должного внимания на рассогласование с базовыми региональными схемами смены климатических фаз и с кривыми трансгрессий и регрессий Мирового океана. При таком подходе а priori исключалась из рассмотрения возможность распознания в разрезах кратковременных экстремальных изменений геологической и водной среды.

Избранные примеры в минимальном числе приводятся ниже для следующих бассейнов: Белое море, Ладожское озеро, Балтийское море, Черное море, оз. Байкал, хотя имеются они и для бассейнов Онежского озера, Каспийского моря и, по-видимому, в Охотском море

Избранные примеры событий (по бассейнам)

Белое море. Моретрясение. В Беломорском бассейне пока удалось установить лишь одно событие этого рода [1]. Здесь воспроизводятся только главные признаки и истолкование. Семь судов с 70 промысловиками находились «далеко в море», т.е. не вблизи берега, а у ледяного припая, где зверобои стояли на льду (а потом снова оказались на своих судах). «Началась зыбь великая подо льдом». Колебания были столь сильны, что люди не могли стоять на ногах, крошился огромный лед [припай] и, «опрокидываясь», ломался. Волны морские [вокруг] были «сокрушающиеся, вертящиеся, стирающиеся» [прекращающиеся], т.е. с высокими гребнями, с кручением и с промежутками успокоения. Затем зверобои сумели вернуться на свои суда и корабли понесло от места происшествия по морю, как оказалось, в сторону Соловецких островов.

При атмосферных возмущениях, бурях и штормах, не происходит мощных толчков подо льдом и его вспучивание, а, тем более, опрокидывание ледяных пластин, да атмосферные процессы и не возникают столь внезапно. По указанным признакам событие однозначно определяется как моретрясение. Таковые возникают вблизи очаговых зон (десятки км) или прямо над областью эпицентральной. Столь сильные колебания, чтобы люди не могли устоять на толстом (весной) льду, это «тянет» на VIII баллов. Ориентировочно произошло это в центральной части акватории, вблизи западной части Летнего берега в XVI—XVII вв.

Понятно, что столь мощное гидродинамическое (геодинамическое) возмущение не могло не привести к последствиям геологической значимости в стратиграфии рыхлых осадков на дне и в округе. В месте события, в радиусе первых километров—десятков километров, должен был произойти выброс донных накоплений в воду и рассеяние в ней материала с последующим его

переотложением, т.е. нарушение первичного разреза на глубину никак не менее одного метра.

Ладожское озеро. Моретрясение. На Ладоге такое событие произошло летом 1858 г. Судно шло от острова Коневец к северу. «...Все заволоклось таким туманом, что друг друга не разглядеть. В гуще тумана гремел гром, и озеро забурлило, словно вода в котле... Казалось, что гроза зародилась не в воздухе, а в глубинах бездонного озера... Туман все сгущался, раскаты грома гремели все оглушительнее, угасая в плотных сгустках пара, молнии отсвечивали каким-то мертвенным блеском; воды озера вздымали все выше и выше, и не из-за буйства волн, а от какого-то подспудного клокотания... Все это длилось часа два» [3]. Нет сомнений в том, что все возмущения возникли за счет колебаний на дне.

<u>Цунами</u> на Ладожском озере в историческое время происходили, но в печатном виде сведения о них не систематизированы. Мощное палеоцунами пока выявлено одно — после сильного землетрясения с очагом у западного побережья Ладожского озера 3.1 тыс. л.н., когда воды озера прорвались и возникла р. Нева, так что озеро стало сточным [4, 5].

Балтийское море. В восточной части бассейна обнаружены сведения только об одном моретрясении вблизи о-ва Готланд. «В лето 6945 (1437) поехал митрополит Исидор из Риги месяца мая в 5 день ... рекою Двиною к морю. Поплыли в корабле по морю ... И после немногих дней внезапно в полночь начался шторм, хотя ветра и не было, корабль волнами захлестывался, и верхняя его постройка заливалась волнами. Мы все впали в отчаяние.... Но недолго это длилось. После такой бури наступила на море тьма густая, а ветер не веял. [6]. «Буря» без ветра!

Сведения о <u>цунами</u> в Балтийском море ныне многочисленны, в том числе неоднократно они случались и в Финском заливе, библиография обширна, здесь только несколько ссылок [7-10].

Черное море. Моретрясения. При Ялтинском землетрясении в сентябре 1927 г., при трех разных толчках, в трех, удаленных одно от другого местах, в разное время на судах ощущали моретрясения [7]. В частности, команда буксира «Гряда» восточнее Аю-Дага 12.IX в 14 ч 30 мин ощутила сильные толчки и дрожь всего корпуса и перепугалась. Спустя примерно час толчки возобновились, но были слабее и, наконец, в 16 ч 15 мин вновь стали сильнее предшествующих. В машинном отделении трудно было устоять на ногах, пароход несло в это время в море. Трудно думать, что при таком моретрясении и цунами, донный грунт остался не перемешанным, не перемещенным по вертикали и по латерали. Резонно принимать, что при главном, ночном, толчке землетрясения с М=6.8 в эпицентральной области, в море, на удалении 30 км от берега, где интенсивность определяется в IX баллов, моретрясение проявилось несравненно мощнее (чему есть и косвенные признаки).

По Черноморскому бассейну сведения о <u>пунами</u> за последние 2.5 тыс. лет сконцентрированы в расширенном (до 50 событий) специальном каталоге [11]. Здесь отметим только последовавший за мощным землетрясением, М=7.5, катаклизм на Южном берегу Крыма в 1423 г. «В том месте, где близ мыса Сарыч лежала первая деревня Форос ... поднялись из воды такие великие волны у всего крымского побережья, что много погибло бывших у берега, и начисто смыты

несколько прибрежных деревень были» [12]. Переработка донных и прибрежных отложений должна была случиться обязательно. Сильнейшее за 2.5 тыс. лет цунами возникло после землетрясения силой ≥IX баллов в Керченском проливе в 63 г. до н.э. [11, 13].

Байкал. Моретрясение. 3.III.1871 г. у восточного берега озера, южнее дельты р. Селенги возникло сильное землетрясение. В ближайшем селении Посольское оно ощущалось с силой примерно VIII баллов с последовавшими вертикальными колебаниями [14]. Здесь взломало ледяной покров, так что в пяти местах он вспучился буграми и в дальнейшем (при афтершоках?) глыбы льда обламывались. На поверхность, без сомнения, со дна, выбрасывало грунт и пучки травы, поэтому резонно принимать возникновение сильных вертикальных толчков на дне, т.е. моретрясение с нарушениями и выбросом донных отложений вместе с водой и покрывающим льдом. В такой ситуации возникновение аномального, перемешанного, с деформациями горизонта сомнению не подлежит. Наиболее вероятно это произошло в эпицентральной области, где интенсивность оценивается в VIII±0.5 баллов. На суше сходные подбросы-выбросы известны при сотрясениях с I³VIII-IX баллов [15], но в водонасыщенных, неуплотненных грунтах на дне водоемов сцепление частиц слабее и подбросы вполне могут возникать и при VII-VIII баллах.

<u>Цунами</u> на Байкале возникали при сильных землетрясениях 12.I.1862 г. и 29.VIII. 1959 г., палеоцунами в озере до сих пор надежно не установлены.

Автору неизвестны работы морских геологов по внутренним бассейнам России, где бы в разрезах выделялись фации моретрясений (землетрясений), кроме работ группы А.Е. Рыбалко по Кандалакшскому заливу Белого моря и исследований С.Б. Николаевой по Кольскому п-ову.

Заключение.

- 1. При настоящем уровне знаний о внезапных экстремальных геодинамических и гидродинамических возмущениях на побережьях и в акваториях внутренних водных бассейнов РФ, не только в тектонически активных областях, но и на платформах, в исследованиях по геологии и палеогеографии необходимо специально обращать внимание на редкие нарушения нормальной стратификации, в виде перерывов, размывов, маломощных горизонтов резкой смены гранулометрического состава, с разнообразными деформациями, аномальными изменениями биоценозов, включениями чуждых макроостатков и с инверсиями возраста (по 14 C).
- 2. В исследованиях палеогеографов, палинологов, биостратиграфов при идентификации и интерпретации аномальных горизонтов (и перерывов) стало необходимым избегать безапелляционных решений, как это случалось в прошлом, когда о моретрясениях и цунами вообще не знали, даже весьма образованные отраслевые специалисты. Так, например, в ряде случаев в Белом море по присутствию пропластков, резко отличных по гранулометрии и составу от основной однородной бассейновой толщи, делался вывод о (моментной) регрессии бассейна, между тем, как ни одна из кривых хода уровня Мирового океана не давала для этого никаких оснований. В Черноморском бассейне известный специалист по морской геологии Е.Н. Невесский при изучении в прошлом веке разрезов в береговых отложениях на Анапском участке и в Керченском проливе относил горизонты и крупные линзы галечно-гравийных отложений в песчаных толщах к образованиям древних кос [16]. О сильных

землетрясениях и мощных цунами в Анапском районе и в Керченском проливе, как и о сейсмогенных разломах, геологи тогда не подозревали. То же относится к Балтийскому морю, да и к другим крупным водоемам РФ.

3. Настало время при палеогеографических и иных реконструкциях разрезов, не отказываясь от использования климатической парадигмы, рассматривать и фактор геодинамический, в данном случае, в виде событий экстраординарных, деструктивных.

Автор признателен Л.Д Флейфель за помощь в этой работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Никонов А.А., Флейфель Л.Д. Мощные моретрясение и цунами в Белом море (по забытой рукописи XVI в.) // Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. М. ИО РАН, 2017. С. 259–263.
- Никонов А.А. Древнее цунами на Соловецких островах // Природа. 2007. № 9. С. 33–40.
- 3. Никонов А.А. Дюма: правдивое описание необычных событий на Ладоге // Терра инкогнита. 1997. № 10. С. 42–45.
- 4. Никонов А.А. Человек каменного века на Ладожском озере. К 125-летию выхода в свет книги А.А. Иностранцева // Природа. 2008. № 7. С. 26–34.
- Никонов А.А. Воздействие голоценовых пертурбаций Онежско-Ладожской гидрологической системы на древнее население прибрежных пространств // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 3. С. 171–177.
- 6. Хождение на Флорентийский собор Неизвестного Суздальца // Книга хождений. Записки русских путешественников XI-XV вв. М.: Сов. Россия. 1984. С. 137–151.
- 7. Никонов А.А. Крымское землетрясение 1927 г.: неизвестные явления на море // Природа. 2002. № 9. С. 13–20.
- 8. Никонов А.А. Признаки палеоцунами в раннеголоценовом озере Кунда (юг Финского Залива) // Доклады РАН. 2004. Т. 396, № 1. С. 81–84.
- 9. Никонов А.А. Цунами имени Адальберта // Природа. 2008. № 5. С. 44–49.
- 10. Никонов А.А. Балтика: тысячелетний катаклизм // Природа. 2017. № 8. С. 58–67.
- 11. Никонов А.А., Гусяков В.К., Флейфель Л.Д. Новый каталог цунами в Черном и Азовском морях в приложении к оценке цунамиопасности российского побережья // Геология и геофизика. № 2. С. 240–255.
- 12. Никонов А.А. Ялтинское разрушительное землетрясение XV века // Природа. 2012. № 11. С. 24–34.
- 13. Никонов А.А. Мощное цунами. В проливе... Керченском // Природа. 2016. № 5. С. 29–38. № 7. С. 30–40.
- 14. Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи. СПб. 1893. 582 с.
- 15. Никонов А.А. О предельных сейсмических ускорениях // Доклады АН СССР. 1992. Т. 323. № 1. С. 70–73.
- 16. Невесский Е.Н. К вопросу о новейшей черноморской трансгрессии // Тр. Ин-та океанологии. Т. XXVIII. 1958. С. 23–29.

The article considers brief but powerful disturbances of the earth's surface and water mass in the inland basins of Russia (the White Sea, Lake Ladoga, the Baltic Sea, the Black Sea, Lake Baikal). Examples are given for different pools. Characterized by signs of disturbances in sections and columns of bottom sediments that occur precisely during these events (in contrast to gradual changes due to climatic fluctuations and changes in the basin level).

Овсепян Е.А.¹, Дорохова Е.В.¹, Иванова Е.В.¹, Мурдмаа И.О.¹, Борисов Д.Г.¹, Немченко Н.В.^{1,2}

 $(^{1}$ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: eovsepyan@ocean.ru, 2 Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва)

Палеоциркуляция и особенности осадконакопления в районе плато Сан-Паулу (Юго-Западная Атлантика) в течение двух последних климатических циклов

Ovsepyan E.A.¹, Dorokhova E.V.¹, Ivanova E.V.¹, Murdmaa I.O.1, Borisov D.G.1, Nemchenko N.V.1, 2

⁽¹Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia; ²Moscow State University, Moscow, Russia)

Paleocirculation and sedimentation processes in the São Paulo Plateau area (western South Atlantic) during the last two climatic cycles

Ключевые слова: палеоокеанологические реконструкции, водные массы, скорости седиментации, придонные течения, гранулометрический анализ, рентгено- флюоресцентные данные

На основании гранулометрических, рентгено-флюоресцентных и изотопных данных реконструированы особенности океанской циркуляции и история осадконакопления на плато Сан-Паулу в течение последних 167 тыс. лет. Установлено, что в течение оледенений плато омывали воды антарктического происхождения, а в межледниковья – североатлантического. Доказано, что изученные осадки имеют в основном контуритовую природу, однако, в интервалах оледенений также найдены признаки гравититов.

В рамках изучения распространения и истории формирования контуритов и контуритовых систем в Атлантическом океане проведено комплексное исследование колонки АИ-3152 (28°37.338' ю.ш., 42°40.454' з.д., гл. 3435 м, длина 428 см), поднятой с небольшого дрифта на краю контуритовой террасы, врезанной в южный уступ плато Сан-Паулу в ходе 43-го рейса НИС «Академик Иоффе» в 2013 г. [1, 2].

Возрастная модель колонки основана на корреляции кривой изотопнокислородного состава раковин бентосного вида Cibicidoides wuellerstofi с опорной кривой LR04 для Мирового океана и подтверждена тремя радиоуглеродными датировками в верхней части разреза [3]. Согласно возрастной модели, вскрытые осадки охватывают временной интервал последних 167 тыс. лет. Скорости осадконакопления демонстрируют минимальные значения в конце изотопно-кислородной стадии (ИКС) 6 и 5.4–5.1 и составляют ~1.3 см.тыс/лет. Максимальные скорости накопления осадка зафиксированы в ИКС 2, где они не превышают 4.1 см.тыс/лет.

Гранулометрические анализы натурального осадка и его терригенной части выполнены в 153 образцах при помощи анализатора SALD 2300 (Shimadzu, Япония). В качестве индикатора терригенного сноса и интенсивности придонных течений использовались данные, полученные в результате анализа минеральной части осадка. С помощью анализатора Bartington MS3 с поверхностным сканирующим датчиком Bartington MS2E с шагом 1 см по всей длине колонки была измерена магнитная восприимчивость. Ее высокие значения использовались в качестве индикатора терригенного сноса на плато Сан-Паулу. Элементный состав осадка определялся рентгенофлюорецентным методом (XRF) с помощью анализатора Olympus Vanta C handheld XRF analyser с шагом 1 см. Отношение Ca/Ti использовалось как показатель карбонатности осадка, Zr/Rb – индикатор размера частиц, Mn/Ti и Fe/Ti — показатели изменения окислительно-восстановительных условий на поверхности и внутри осадка [4].

Анализ средних величин δ 18О для каждой ИКС по колонке показал присутствие водных масс различной плотности на плато Сан-Паулу на протяжении двух последних климатических циклов [3]. В частности, в ИКС 6, 5.4-5.1 и 4 формирование дрифта происходило под влиянием Нижней Цикрумполярной глубинной воды. В ИКС 5.5 и 1 осадки на плато Сан- Паулу накапливались в присутствии наименее плотной Североатлантической глубинной воды. В ИКС 3-2 дно омывалось наиболее плотными Глубинными водами моря Уэддела [3].

Гранулометрические анализы демонстрируют одномодальные распределения с модой в области мелкого силта в течение ИКС 5.4-4, что свидетельствует об одном источнике сноса и накоплении осадка в условиях слабых придонных течений в это время. Увеличение крупности осадка зафиксировано как по гранулометрическим данным, так и по величине отношения Zr/Rb в интервалах низкого стояния уровня моря в течении ИКС 6 и 3-2. Поскольку гранулометрические распределения представлены бимодальными кривыми с модами в областях мелкого и крупного силта, можно предположить как усиление придонных течений, так и существование дополнительного источника сноса в это время. Предыдущие исследования показали, что скорости придонных течений в интервале последнего оледенения мало отличались от современных в районе плато Сан-Паулу, канала Вима и плато Риу-Гранде [5]. Таким образом, в области отбора колонки АИ-3152 терригенный материал, скорее всего, поступал из дополнительного источника, которым мог быть шельф, который осущался при глобальном понижении уровня. При низком стоянии уровня моря базис эрозии понижался, и осущенный шельф активно размывался, поставляя дополнительный материал на подводную возвышенность.

Резкое увеличение размера частиц на границах ИКС 6/5, 4/3, 3/2, 2/1 вероятно связано не только с гравитационными потоками с шельфа, но с усилением придонных течений, которые вымывали мелкую фракцию из осадка. Усиление придонных течений могло быть связано с возникновением внутренних волн на границах водных масс, которые сменяли друг друга в указанные временные интервалы. На границе ИКС 5.1/4 укрупнения осадка не наблюдается и, согласно данным по δ 18О, смены водных масс в этом время не происходило, что дополнительно подтверждает вышеизложенную гипотезу.

В колонке также изучены два уплотненных прослоя (хардграунда). Последовательная смена в верх по разрезу максимумов Fe/Ti и Mn/Ti в области нижнего хардграунда свидетельствует о полностью сформированной захороненной границе окислительно-восстановительных условий на границе ИКС 6/5. Граница формировалась при низких скоростях осадконакопления и длительном контакте с насыщенной кислородом водной массой. Верхний хардграунд представляет собой современную границу окислительновосстановительных условий. Два наложенных друг на друга пика Fe/Ti и Mn/Ti свидетельствуют о том, что процесс формирования идет при высоких скоростях осадконакопления и до конца не завершен.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 18-17-00227).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Отчет 43-го рейса НИС «Академик Иоффе», 2013.
- 2. Сколотнев С.Г., Иванова Е.В., Мурдмаа И.О. и др. Изучение подводных гор и контуритовых систем Центральной и Южной Атлантики в 43-м рейсе научно-исслеовательского судна «Академик Иоффе» // Океанология. 2018. Т. 58. No 4. C. 671–673.
- Ovsepyan E.A., Ivanova E.V. Glacial-interglacial interplay of southern- and northern-origin deep waters in the São Paulo Plateau – Vema Channel area of the western South Atlantic // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2019. V. 514. V. 349–360.
- Rothwell R.G., Croudace I.W. Micro-XRF studies of sediment cores: a perspective on capability and alication in the environmental sciences // Micro-Xrf Studies of Sediment Cores / Croudace, I.W., Rothwell, R.G. (Eds.). Springer, Dordecht, 2015. P. 25–102.
- 5. Spooner P.T., Thornalley, D.J.R., Ellis P. Grain size constrains on glacial circulation in the Southwest Atlantic // Paleoceanography and Paleoclimatology. 2018. V. 33. doi:10.1002/2017PA003232.

In the framework of this investigation, we studied the sediment core AI-3152

retrieved from the southern Sao Paulo Plateau escarpment, western South Atlantic, during the 43-th cruise of R/V "Akademik Ioffe" in 2013. The age model of the core is based on oxygen isotope stratigraphy and supported by three AMS14C dates for the upper part of the section. Downcore $\delta18O$ demonstrate shifts in the depth of northern- and southern-sourced deep water mass at site location. Grain-size and XRF data show relatively slow bottom current activity during MIS 5.4-4. Additional source of terrigenous sediment is suggested for low stand of sea level during MIS 6, 3 and 2. Increase in bottom currents during several MIS transitions is supposed to be related to changes in water masses and is suggested to be formed by internal waves recently forming at the water mass boundaries.

Овсепян Я.С.^{1,2}, Аверкина Н.О.^{2,3}, Талденкова Е.Е.^{2,3}

(¹Геологический институт РАН, Москва, e-mail: yaovsepyan@yandex.ru; ²Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург; ³Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва) Роль бентосных фораминифер вида Cassidulina neoteretis в реконструкции позднеплейстоцен-голоценовой истории распространения атлантических вод в Арктике Ovsepyan Ya.S.¹,³, Averkina N.O.²,³, Taldenkova E.E²,³

(¹Geological Institute RAS, Moscow; ²Arctic and Antarctic Research Institute, St.Petersburg; ³Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow) The importance of benthic foraminifera species Cassidulina neoteretis for reconstructing the late Pleistocene—Holocene history of Atlantic water distribution in the Arctic

Ключевые слова: палеогеография, Арктика, атлантические воды, фораминиферы, голоцен, поздний плейстоцен

Наличие вида С. neoteretis в разрезах из Северной Атлантики и моря Лаптевых подтверждает поступление вод атлантического течения в подповерхностном слое в Арктику с самого начала эпохи дегляциации. Его доминирование в комплексах фораминифер 12–16.5 кал. тыс. лет назад и в голоцене после 7 кал. тыс. лет назад говорит о периодах усиления атлантического влияния.

В последнее время уделяется особое внимание вкладу атлантических вод в процесс изменения климата в Арктике. Воды Северо-Атлантического течения играют важную роль в формировании структуры вод Северного Ледовитого океана, в котором они составляют более теплый и более соленый подповерхностный слой. Реконструкция по микрофауне из колонок морских осадков позволяет оценить масштабы распространения атлантических вод в Арктике на протяжении позднего плейстоцена и голоцена. В настоящем исследовании сделан акцент на роли вида Cassidulina neoteretis Seidenkrantz, 1995 для палеоэкологического анализа.

В работе сравнивается распределение фораминифер в колонках морских осадков, расположенных на пути следования атлантических вод, в Атлантическом и Северном Ледовитом океанах. Колонка АИ-3521 (глубина 1051 м) отобрана на северо-восточном континентальном склоне Шотландии (59°30,009 с.ш., 7°20,062 з.д.) [1]. Колонка МSМ5/5-723-2 (глубина 1349 м), с континентального склона Шпицбергена, в восточной части пролива Фрама (79°09,66 с.ш., 5°20,27 в.д.) [2]. Три колонки изучены с континентального склона моря Лаптевых из области распространения трансформированных атлантических вод: PS51/118-11 (77°89,23 с.ш., 132°19,86 в.д.) с глубины 122

м; PS51/154-11 (77°16,56 с.ш., 120°36,59 в.д.) — 270 м; PS2458 (78°10,0 с.ш., 133°23,9 в.д.) — 983 м [3—6].

Стратиграфия колонки АИ-3521 основана на распределении планктонных фораминифер вида Neogloboquadrina pachyderma sin. и материала ледового и айсбергового разноса (IRD), которое показало, что разрез соответствует голоцену и эпохе дегляциации. Остальные колонки датированы AMS 14 С методом, изученный интервал имеет возраст основания от 17.6 до 18.5 кал. тыс. лет назад, за исключением PS51/118-11, которая охватывает \sim 11 кал. тыс. лет [3, 6, 7]

Вид *С. neoteretis* связан с распространением сезонных морских льдов, в Норвежско-Гренландском бассейне, встречается на глубинах от 500 до 1600 метров в области влияния Норвежского течения (достигающего глубин 800 м) [8, 9]. В Северном Ледовитом океане вид *С. neoteretis* обитает вдоль континентального склона и характерен для глубин 200—1400 м [10]. Диапазон его распространения включает промежуточный слой атлантического происхождения (150—800 м) [11].

Обзор распределения вида *С. neoteretis* по колонкам показал общую тенденцию для плейстоцена и голоцена.

В колонке из Северной Атлантики АИ-3521 C. neoteretis преобладает в нижней части разреза (в среднем 60%), соответствующей ранней дегляциации. Видимо, холодный климат данной эпохи более всего походил на современный арктический: граница морских льдов была смещена на юг и доходила до 50° с.ш., из-за сильного опреснения поверхностного слоя талыми водами была сильная стратификация, что привело к подповерхностному положению атлантического течения [8]. Выше по разрезу C. neoteretis постепенно замещается более тепловодным видом C. laevigata.

В колонке MSM5/5-723-2 из пролива Фрама можно выделить три временных интервала. Нижняя часть разреза соответствует эпохе дегляциации (12.3—18.5 тыс. лет назад), здесь *С. neoteretis* является самым массовым видом в комплексе фораминифер (максимум до 97%). На протяжении позднего дриаса (11.5—12.3 тыс. лет назад) содержание *С. neoteretis* сокращается до 10—30%, и его сменяет холодноводный арктический вид *С. reniforme*. В голоцене (0.2—11.5 тыс. лет назад), содержание *С. neoteretis* сокращается до 3—20%. Причем в первой половине голоцена до 6 тыс. лет назад становятся доминантными глубоководные эпифаунные виды *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Oridorsalis umbonatus*, свидетельствующие о начале активной глубинной конвекции в восточной части пролива Фрама.

В колонках PS2458 и PS51/154-11 из моря Лаптевых появление *С. neoteretis* в основание разрезов свидетельствует о присутствии вод атлантического течения в Арктике уже 17.6 тыс. лет назад. Это подтверждают и находки тепловодных планктонных фораминифер [4, 5].

Колонки из пролива Фрама и моря Лаптевых объединяет высокое содержание *С. neoteretis* в интервале 12.0—16.5 тыс. лет назад, аналогичная ситуация отмечается в колонках из Баренцева моря по литературным данным [11]. Это отражает значительный привнос атлантических вод в Арктику через пролив Фрама с Западно-Шпицбергенским течением во время ранней дегляциации.

С 7 до 12 тыс. лет назад в колонках из моря Лаптевых и пролива Фрама наблюдается резкое сокращение вида *С. neoteretis*, что, предположительно, можно связать с перераспределением объемов вод атлантического происхождения, задействованных в процессе конвекции. Также после 14 тыс. лет назад появляется второй путь для течений в Северный Ледовитый океан – через шельф Баренцева моря.

Колонки из моря Лаптевых были отобраны с разной глубины, этим обусловлена разница в процентном содержании фораминифер вида *С. neoteretis* в одних и тех же интервалах. Предполагалось, что в осадках колонки PS51/118-11 будет найдено множество раковин *С. neoteretis*, по аналогии с PS2458 и PS51/154-11 [4, 5]. Однако на глубине 122 м интересующий нас вид встречался крайне редко и только в голоцене, в интервале 2.7–8.2 тыс. лет назад. Вид *С. neoteretis* достигает наибольшей численности в колонке PS2458 с глубины 983 м, немного ниже границы распространения слоя трансформированных атлантических вод.

Судя по увеличению доли *С. neoteretis* в голоценовых осадках после 7 тыс. лет назад, можно предположить усиление притока атлантических вод в Арктику. Это могло быть связано с общим похолоданием, увеличением стратификации в Норвежско-Гренландском бассейне, повлекшими за собой снижение объемов глубинной конвекции в этом районе по сравнению с ранним голоценом.

Авторы выражают благодарности Х.А. Бауху, Р.Ф. Шпильхагену, А.П. Лисицыну и А.Г. Матулю за предоставленный материал. Исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ мол а 18-35-00362.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Клювиткин А.А., Политова Н.В., Новигатский А.Н. и др. Геологические исследования Северной Атлантики в 51-м рейсе «Академик Иоффе» // Океанология. 2017. Т. 5. № 3. С. 514–516.
- 2. Werner K., Müller J., Husum K. et al. Holocene sea subsurface and surface water masses in the Fram Strait Comparisons of temperature and sea-ice reconstructions // Quaternary Science Reviews. 2016. V. 147. P. 194–209.
- 3. Spielhagen R.F., Erlenkeuser H., Siegert C. History of freshwater runoff across the Laptev Sea (Arctic) during the last deglaciation // Global Planet. Change. 2005. V. 48. P. 187–207.

- 4. Taldenkova E., Bauch H.A., Stepanova A. et al. Benthic community changes at the North Siberian margin in response to Atlantic water mass variability since last deglacial times // Marine Micropaleontology. 2012. V. 96–97. P. 13–28.
- 5. Овсепян Я.С., Талденкова Е.Е., Баух Х.А., Кандиано Е.С. Реконструкция событий позднего плейстоцена—голоцена на континентальном склоне моря Лаптевых по комплексам бентосных и планктонных фораминифер // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2015. Т. 23. № 6. С. 964—112.
- 6. Овсепян Я.С., Талденкова Е.Е., Аверкина Н.О., Шпильхаген Р.Ф., Баух X.А. Реконструкция характера поступления вод атлантического течения в Арктику на примере взаимосвязи пролива Фрама и моря Лаптевых за последние 18.5 тысяч лет // Процессы в геосредах. 2018. № 3(17). С. 175—176.
- 7. Bauch H.A., Mueller-Lupp T., Taldenkova E. et al. Chronology of the Holocene transgression at the North Siberian margin // Global and Planetary Change. 2001. V. 31 P. 125-139.
- 8. Rasmussen T.L., Thomsen E., Ślubowska M.A. et al. Paleoceanographic evolution of the SW Svalbard margin (76°N) since 20,000 14C yr BP // Quaternary Research. 2007. V. 67. P. 100–114.
- 9. Лукашина Н.П. Палеоокеанология Северной Атлантики в позднем мезозое и кайнозое и возникновение современной термогалинной океанской циркуляции по данным изучения фораминифер. М.: Научный мир, 2008. 288 с.
- 10. Wollenburg J., Mackensen A. Living benthic foraminifers from the central Arctic Ocean: faunal composition, standing stock and diversity // Marine Micropaleontology. 1998. V. 34. № 3–4. P. 153–185.
- 11. Lubinski D.J., Polyak L.A., Forman S.L. Freshwater and Atlantic water inflows to the deep northern Barents and Kara seas since ca 13 14C ka: foraminifera and stable isotopes // Quaternary Science Reviews. 2001. V. 20. P. 1851–1879.

The occurrence of *C. neoteretis* in North Atlantic and Laptev Sea sections gives evidence for the inflow of subsurface Atlantic waters to the Arctic since the onset of deglaciation period. The predominance of *C. neoteretis* in benthic foraminiferal assemblages during the time interval 12-16.5 cal.ka and after 7 cal.ka manifests an increase in the subsurface Atlantic water influence.

Палечек Т.Н.

(Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: tpalechek@yandex.ru)

Позднемеловые радиолярии Олюторского и Алганского террейнов Корякского нагорья

Palechek T.N.

(Geological Institute of RAS, Moscow)

Upper Cretaceous radiolarians from Olutor and Algan terranes of the Koryak Highland

Ключевые слова: тектоностратиграфия, радиолярии, верхний мел, Корякское нагорье

Анализ выделенных позднемеловых радиоляриевых ассоциаций из различных структурно-формационных зон Олюторского и Алганского террейнов Корякского нагорья показал существенную разницу в таксономическом составе, количественном содержании, морфологических особенностях выявленных сообществ, по которым устанавливаются различные бассейны осадконакопления со своими особенностями и геодинамическими режимами. Олюторский террейн, занимающий южную часть Корякского нагорья, практически на 100% состоит из "калифорнийских" видов. Алганский террейн расположен в северо-западной части Корякского нагорья и на половину (50% и более) состоит из видов, описанных из разрезов Русской плиты и Западной Сибири и не более 50% приходится на калифорнийские виды. По этим данным отчетливо прослеживается связь Алганского палеобассейна с Сибирским палеоконтинентом через Палеоарктику, вероятно, при одновременном влиянии тихоокеанских течений, с помощью которых могли проникнуть калифорнийские виды; а для Олюторского террейна существовании тесной связи с Североамериканским континентом в позднемеловое время.

В позднемеловых (кампан-маастрихтских) разрезах Олюторского террейна наиболее часто встречаются следующие таксоны: Phaseliforma carinata Pessagno, Lithomespilus mendosa (Krasheninnikov), Amphipyndax stocki (Campbell et Clark), Stichomitra livermorensis (Campbell et Clark), Archaeodictyomitra regina (Campbellet Clark), Dictyomitra densicostata Pessagno, D. multicostata Zittel, Cornutella californica Campbell et Clark, Clathrocyclas hyronia Foreman, Xitus asymbatos (Foreman). Для фронтальной части Олюторской зоны также характерно присутствие Praestylosphaera hastata (Campbell et Clark) и *P. pusilla* Campbell et Clark, реже встречается *Theocampe* altamontensis. В позднемеловых олюторских разрезах отмечено присутствие 17 родов/18 видов Spummellaria и 11 родов/22 вида Nassellaria. При этом, практически все вышеперечисленные таксоны, наиболее характерные для Олюторской зоны, распространены также в позднем мелу/палеоцене Новой Зеландии [1]. Так, если Ampipyndax stocki, Dictyomitra multicostata являются космополитами, то такие таксоны как Stichomitra livermorensis, Theocampe altamontensis, T. vanderhoofi, Bathropyramis sanjoaquinensis, Praestylosphaera pusilla, P.hastata, вероятно, являются биполярными.

Из кремнисто-терригенных пород различных тектоностратиграфических комплексов Алганского террейна получены представительные кампанские ассоциации радиолярий. Изученные ассоциации по своему составу заметно отличаются от олюторских. Здесь повсеместно распространены дискоидные и пруноидные формы, часто составляющие от 85 до 95% изученных ассоциаций и встречаемые в массовом количестве. Здесь присутствуют: Phaseliforma carinata Pessagno, P. meganosensis Pessagno, Prunobrachium articulatum (Lipman), P. crassum (Lipman), P. incizum Kozlova, Pseudobrachium ornatum (Lipman), P. mucronatum (Lipman) Spongurus spongiosus (Lipman), S. quadratus Campbell et Clark, S. concentricus (Lipman), Cromyosphaera vivenkensis Lipman, Cromyodruppa concentrica Lipman, Porodiscus vulgaris Lipman, P. cretaceous Campbell et Clark, Pseudoaulophacus lenticulatus (White), Orbiculiforma vacaensis Pessagno, Crucella aster (Lipman), Rhopalastrum trigonale Lipman, Histiastrum membraniferum Lipman. Из насселлярий встречены единичные экземпляры Amphipyndax stocki (Campbell et Cl.), Stichomitra livermorensis Camp. et Cl., Dictyomitra densicostata Pessagno, Clathrocyclas hyronia Foreman, Theocampe cf. vanderhoofi (Camp. et Cl.). В общем, в изученных ассоциациаях Алганского террейна отмечено присутствие 14 родов/20 видов Spummellaria и 5 родов/6 видов Nassellaria. При этом 50 % здесь занимают виды, первоначально описанные из кампанских отложений Русской платформы и Западно-Сибирской низменности Р.Х.Липман [2,3,4], которые зачастую нацело слагают выделенные ассоциации [5].

Всего несколько видов было встречено совместно в Олюторском и Алганском террейнах: из Spummellaria - это *Phaseliforma carinata* Pess., *P. meganosensis* Pess. и в единичных случаях *Cromyosphaera vivenkensis* Lipman. Из Nassellaria - *Amphipyndax stocki* (Camp. et CL.)), *Stichomitra livermorensis* (Camp. et CL.)), *Dictyomitra densicostata* Pessagno, *Clathrocyclas hyronia* Foreman, а также единичные представители рода *Theocampe* (в Олюторском – *T. altamontensis*, *T. yaoi*; в Алганском – *T. vanderhoofi*).

Работа выполнена по теме лаборатории госзадания ГИН РАН (№ гос. регистрации АААА-А18-118021690155-7) и частично гранта РФФИ мол_а_вед № 18-35-20037.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

 Hollis C.J. Cretaceous–Paleocene Radiolaria from Eastern Marlborough, New Zealand // Institute of Geological & Nuclear Sciences monograph. 1997. № 17. P. 1–152. Lower Hutt, New Zealand: Institute of Geological & Nuclear Sciences Limited.

- 2. Липман Р. Х. Материалы к монографическому изучению радиолярий верхнемеловых отложений Русской платформы // Палеонтология и стратиграфия. Л.: ВСЕГЕИ, 1952. С. 24–51.
- 3. Липман Р. Х. Позднемеловые радиолярии Западно-Сибирской низменности и Тургайского прогиба // Материалы по стратиграфии мезо-кайнозоя Тургайского прогиба, Северного Приаралья и Западно-Сибирской низменности // Тр. ВСЕГЕИ. 1962. Нов. сер. Т. 77. С. 271–323.
- 4. Козлова Г.Э., Горбовец А.Н. Радиолярии верхнемеловых и верхнеэоценовых отложений Западно-Сибирской низменности. Л.: Недра. 1966. 158 с.
- 5. Палечек Т.Н., Моисеев А.В., Гущина М.Ю. Новые данные о возрасте ламутской свиты (Алганские горы, северо-западная часть Корякского нагорья). Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. № 4. Вып. 40. С. 105—119.

An analysis of selected Late Cretaceous successions were examined in many associations from different structural-formational zones Olutor and Algan terranes of the Koryak Highland showed a significant difference in taxonomic composition, quantitative content, morphological features of detected communities, establishing different pools of sedimentation and geodynamic regimes. Olutor terrain, which occupies the southern part of the Koryak Highlands, almost 100% consists of "California" species. The Algan terrain is located in the northwestern part of the Koryak Highland and half (50% or more) consists of species described from the sections of the Russian plate and Western Siberia and no more than 50% are California species. This data clearly shows a relationship Algan basin with the Siberian paleocontinent through Paleoarctic probably with the simultaneous influence of the Pacific currents, which could spread to California species; and to Olutor terrane the existence of a close connection with the North American continent in Late Cretaceous time.

Полякова Е.И.1, Лисицын А.П.2

(¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, г. Москва, e-mail: ye.polyakova@ail.ru; ²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва)

Роль кремнистых микроорганизмов в осадкообразовании в высоких широтах северного и южного полушариев Polyakova Ye.I.¹ Lisitzin A.P.²

(¹Lomonosov Moscow State University Geographical Faculty, Moscow; ²Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

The significance of siliceous microorganisms in sedimentation at high latitudes of the northern and southern hemispheres

Ключевые слова: Мировой океан, кремнистые микроорганизмы, осадконакопление, диатомеи, радиолярии

Рассмотрены основные группы кремнистого фитопланктона и их роли в формировании биокремнистых осадков в Мировом океане, а также миграции областей биогенного осадконакопления в кайнозое.

В развитии представлений о распространении, генезисе и роли кремнистых осадков в процессах современного осадконакопления в Мировом океане огромное значение имели обширные материалы по донным осадкам, собранные из различных районов за период с 1949 по 1962 гг. экспедициями Института океанологии АН СССР на э/с «Витязь» (олее 5000 станций), а в антарктических водах – Морской Антарктической экспедицией АН СССР на д/э «Обь» (500 станций в труднодоступных районах Антарктики и южного полушария) [1]. При постановке исследований количественного распределения и основных форм кремнезема в осадках, включая аморфного и его содержания в органических остатках - диатомовых водорослях, радиоляриях, силикофлагеллатах и губках. Микроскопический анализ проводился как проб донных осадков, так и взвеси с поверхности океана и в его глубинах, что позволило проследить весь процесс кремненакопления. Было установлено, что диатомеи обладают столь совершенным биологическим механизмом извлечения разбавленного аморфного кремнезема из воды, что снижают его содержание в ней до $0.06-0.08 \times 10^{-4}$ %.

После гибели планктонных кремнистых организмов их скелетные остатки по мере погружения растворяются, и лишь небольшая их доля (от 1 до 10%) накапливается на дне. При концентрации биогенного кремнезема в осадках более 30% они называются кремнистыми илами. В зависимости от преобладания в составе кремнистых илов остатков диатомей или радиолярий, различают диатомовые и радиоляриевые илы. Диатомовые илы типичны для высокоширотных областей и некоторых районов в пределах континентальных

окраин. Радиоляриевые илы характерны для экваториальных районов океана. Установлена четкая корреляция между продуктивностью кремнистого планктона и аккумуляцией кремнезема в донных осадках. Независимо от районов поступления растворенного кремнезема в океаны он накапливается в виде кремнистых илов только под богатыми питательными веществами высокопродуктивными поверхностными водами, которые приурочены, как правило, к зонам восходящих движений глубинных вод (зонам апвеллинга и океанской дивергенции).

Главный пояс кремнистых осадков шириной 900–2000 км окружает Антарктиду. В этом поясе накапливается более 75% всего океанского кремнезема, причем биогенный кремнезем, представленный главным образом диатомовыми илами, составляет около 70% осадка. Кроме Антарктического пояса, важными районами биогенного кремненакопления являются высокие широты Северного полушария (северная часть Тихого океана, Берингово и Охотское моря), а также районы прибрежных апвелингов [1, 2]. В экваториальной зоне дивергенции Тихого океана происходит общирный подъем глубинных вод, вызывающий увеличение биологической продуктивности и усиленное накопление кремнистых радиоляриевых илов. Средние скорости накопления кремнистых осадков составляют, обычно, 4–5 мм за 1000 лет.

Формирование зон биокремнистых осадков в океанах используется для мониторинга продуктивности поверхностных вод [3, 4]. Вместе с тем, нельзя не учитывать растворение опала, однако, как показали [5] в основном не наблюдается инверсий пиков палеопродуктивности из-за растворения опала в осадках, которое происходит лишь в верхних 0-10 см горизонтах осадков в первые 1–2 месяца за счет изменения структуры молекулярных связей и замещения Si на Al в молекулах [6].

Установлено, что распределение зон биокремнистых осадков в кайнозое в Мировом океане, главным образом, было связано с наличием высокопродуктивных поверхностных водных масс, которые отражали изменения поверхностной и глубинной циркуляции вод, связаннгой с прогрессивным охлаждением полярных областей и тектонически обусловленными открытиями и закрытиями океанических проходов.

Ранний кайнозой (66–53 млн. л.н.) характеризовался циркум-глобальной циркуляцией поверхностных вод и накоплением биокремнистых осадков в маргинальных внутренних морях [7, 8]. Полярное охлаждение и широт ное ограничение циркум-Тетиса в раннем-среднем эоцене (52–48 млн. л.н.) обусловило интенсификацию океанической циркуляции, апвеллингов и накопление биокремнистых осадков в экваториальных районах и Североатлантическом бассейне. Возрастание глобального охлаждения в раннем олигоцене (34–28 млн. л.н.) и среднем миоцене (15–10 млн. л.н.)

привело к увеличению температурных контрастов между высокими и низкими широтами, усиливших океаническую циркуляцию, что привело к расширению зон биокремнистого осадконакопления в высоких широтах.

Несмотря на то, что диатомеи довольно обильны в фитопланктоне и доминируют в составе биоценозов морских льдов в Северном Ледовитом океане в вегетационный период, в донных осадках они встречаются далеко не всегда. Результаты исследования донных осадков Арктического бассейна и арктических шельфовых морей свидетельствуют, кремниевые створки диатомей в значительных количествах, необходимых для палеоокеанологических реконструкций, присутствуют в основном в верхнеплейстоценовых - голоценовых осадках мелководных окраинных морей [9, 10]. На континентальном склоне и в глубоководных районах Северного Ледовитого океана в современных и плейстоценовых осадках диатомеи in situ практически не встречаются. Диатомеи представлены в основном единичными створками (или обломками створок) морских меловых и палеогеновых видов. Плохая сохранность диатомей в глубоководных осадках обусловлена главным образом растворением кремниевых створок диатомей в воде в процессе их опускания на дно, а затем в осадках в условиях дефицита растворенной кремнекислоты в толще вод Северного Ледовитого океана и в поровых водах осадков [9]. В мелководных арктических шельфовых морях, в водах которых за счет обильного речного стока резко возрастает содержание растворенной кремнекислоты, содержание диатомовых створок в осадках может достигать нескольких миллионов на 1 грамм [9].

В Северном Ледовитом океане в неогене, как и в плейстоцене, обедненные ископаемые диатомовые комплексы, соответствующие миоценовой, плиоценэоплейстоценовой и неоплейстоценовым трансгрессиям, встречаются в осадках шельфовых морей и на приморских низменностях как in situ, так и во вторичном залегании, что свидетельствует о развитии серии трансгрессий в пределах Евразийского шельфа. На основе корреляции этих комплексов с зональными стратиграфическими диатомовыми шкалами Северной Пацифики и Норвежско-Гренландского бассейна был установлен возраст морских трансгрессий [9].

В центральных районах Арктического океана диатомовые комплексы установлены лишь в донеогеновых осадках, и в настоящее время диатомеи становятся одной из важнейших микропалеонтологических групп в изучении палеогеновых и меловых отложений из глубоководных районов океана. Среднеэоценовые диатомовые илы, полученные с хребта Ломоносова, содержат важную информацию о палеопродуктивности вод и пресноводном стоке [11]. Нижнепалеогеновые глины и глинисто-кремнистые породы с кремневым микропланктоном присутствуют и на хребте Альфа [12, 13]. Верхнемеловые, почти чистые ламинированные диатомовые илы,

включающие прекрасно сохранившиеся диатомеи, силикофлагеллаты и эбриидеи, более типичные для умеренных широт, полученные с хребта Альфа [14], отражают сезонные флуктуации в популяции диатомей в областях высокой органической продуктивности. Несмотря на некоторую таксономическую обедненность диатомовых комплексов, Баррон отмечает чрезвычайную близость их систематического состава верхнекампанским диатомовым комплексам, установленным Н.И. Стрельниковой [15] в верхнемеловых отложениях Западной Сибири. Этот период в Западной характеризовался накоплением мощных толщ диатомитов, свидетельствующих о высокой продуктивности вод, причину которой Н.И. Стрельникова [15, 16] видела в поступлении с севера из глубоководных котловин Арктического бассейна холодных вод, обогащенных биогенными элементами. Подобные течения приводили к развитию кремнистых биогенных осадков, носившему локальный характер (Западная Сибирь, западная часть Карского моря).

Эоценовые осадки в центральной части океана вскрыты также на склоне хребта Альфа. Они содержат биогенные кремнистые осадки эоценового фитопланктона, обилие которых предполагает активное развитие апвеллингов в Канадском бассейне в период их накопления, как и в позднем мелу, а систематический состав силикофлагеллат, установленных в этих осадках, подтверждает связь Арктического океана с Мировым в среднем или позднем эоцене. Биогенное кремненакопление продолжалось в первой половине кайнозоя и в Западно-Сибирском бассейне, а также на прилегающем шельфе, где формировались мощные толщи диатомитов, диатомовых глин, опок [16].

Погружение Гренландско-Шотландского хребта в эоцене — олигоцене впервые открыло широкий доступ теплым североатлантическим водам в Норвежско-Гренландское море, но глубинный сток арктических вод в Атлантику, близкий современному, обусловивший глобальные изменения циркуляции водных масс, установился лишь в позднем кайнозое. Установление строгой стратификации водных масс в Северном Ледовитом океане в этот период, которая существует поныне, является главной причиной растворения кремниевых створок диатомей в процессе их опускания на дно и отсутствия диатомей в неоген-плейстоценовых осадках Центральной Арктики [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Лисицын А.П. Основные законо мерности распределения современных кремнистых осадков и их связь с климатической зональностью. В кн.: Геохимия кремнезема. М.: Наука, 1966.С. 90–191.
- 2. Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации. М.: Наука. 1978. 932 с.
- 3. Sarnthein M. Winn K., Duplessy J.C. Fortugue M.R. Global variations of surface ocean productivity in Low and Mid Latitudes: Influence on CO,

- reservoirs of the Deep Ocean and Atmosphere during the last 21,000 years// Paleoceanography. 1987. V. 3 (3). P. 361–399.
- 4. Abrantes F. Paleoproductivity oscilations during the 1st 130 ka along the Portugues and NW African margins // Upwelling systems: Evolution Since the Early Miocene / Summerhayes et al. (eds). Geological Society Special Publication. 1992. V. 64. P. 466–510.
- 5. Broecker W.S. and Peng T.H. Tracers in the Sea // Tracers in the Sea / Broecker (Ed). Elidigio Press. New York. 1982. P. 47–94.
- 6. Van Coppellen P., Qiu L. Biogenic silica dissolution in sediments of the Southern Ocean//Antares I Special Issue of Deep Sea Research. 1995. P. 1–16.
- 7. Barron J.A., Baldauf J. Tertiary cooling stepd and paleoproductivity as reflected by diatoms and biosiliceous sediments // Productivity of the Ocean: present and past / Berger et al. (Ed.). 1989. P. 341–354.
- 8. Baldauf J., Barron J.A. Evolution of biociliceous sedimentation patterns Eocene through Quaternary paleoceanographic response to polar cooling // Geological history of the Polar Oceans: Arctic versus Antarctic / Bleil U., Thiede J. (Eds.). 1990. P. 575–607.
- 9. Полякова Е.И. Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Научный мир, 1997. 146 с.
- 10. Полякова Е.И., Новичкова Т.А., Клювиткина Т.С. Диатомеи и палиноморфы в поверхностных осадках арктических морей и их значение для палеоокеанологических исследований / Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история / Лисицын А.П. (ред.). М.: Научный мир. 2017. С. 796–855.
- 11. Backman J., Moran K., McInroy D.B. et al. Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program. V. 302. Edinburgh: Intergrated Ocean Drilling Program. Management International Inc. 2006. 169 p.
- 12. Thiede J., Clark D., Herman Y. Late Mezozoic and Cenozoic paleoceanography of the northern polar ocean. 1990. V. L. P. 427–458.
- 13. Thiede J., Lisitzin A.P., Backman J. et al. The Arctic Ocean record: key to global change (Initial Mezozoic and Cenozoic paleogeography of the northern polar oceans // Polarforschung. 1991. 61/2. 102 p.
- 14. Barron J.A. Diatom biostratigraphy of the CESAR 5 core. Alpha Ridge // Geol. Surv. Canada Paper 84-22. 1985. P. 137–148.
- 15. Стрельникова Н.И. Диатомеи позднего мела (Западная Сибирь). М.: Наука, 1974. 203 с.
- 16. Стрельникова Н.И. Палеогеновые диатомовые водоросли. СПб: Изд-во С.-Петербург. Ун-та, 1992. 312 с.

The main groups of siliceous phytoplankton and their role in the formation of biosilicon sediments in the World Ocean, as well as the migration of biogenic sedimentation areas in the Cenozoic, are considered.

Прушковская И.А., Цой И.Б., Аксентов К.И.

(Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток)

Влияние катастрофических природных событий на накопление диатомей в осадках Амурского залива (Японское море) за последние тысячелетия Prushkovskaya I.A., Tsoy I.B., Aksentov K.I.

(V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok)

The impact of catastrophic natural events on the accumulation of diatoms in the sediments of the Amur Bay (Sea of Japan) over the past millennium

Ключевые слова: диатомеи, тайфуны, донные осадки, Амурский залив, Японское море

Изучение диатомей в осадках Амурского залива (Японское море), сформированных за последние тысячелетия, показало, что резкие кратковременные падения концентрации диатомей совпадают с сигналами наводнений, что можно объяснить влиянием тайфунов или других катастрофических событий.

Амурский залив является внутренним заливом обширного залива Петра Великого (Японском море). Он характеризуется мелководным, узким бассейном, который глубоко впадает в сушу. Особенности осадконакопления в заливе определяются влиянием реки Раздольная. Амурский залив располагается в зоне влияния различных природных явлений, таких как тропические циклоны или тайфуны, наводнения, ливневые дожди и цунами. Эти явления часто приводят к катастрофическим последствиям на побережьях, абразии берегов, резкому увеличению твердого стока в морские бассейны, что влияет на осадконакопление и отражается в донных отложениях. Ранее нами были изучены осадки Амурского залива, накопившиеся за последние 150 лет [1–3] и проведены исследования о влиянии тайфунов на содержание диатомей в осадках [4]. Цель настоящей работы — проследить и описать влияние тайфунов на содержание диатомей в осадках Амурского залива за последние тысячелетия.

Для настоящей работы была исследована колонка LV66-3 (координаты станции LV66-3: 131°49.622′ в.д.; 43°07.473′ с.ш.; глубина отбора – 33 м; длина керна – 470 см). Она была отобрана в 2014 г. гравитационной трубкой в зоне максимальной гипоксии и на значительном удалении от устья р. Раздольная. В месте отбора было проведено сейсмоаккустическое профилирование, выявившее однородное строение осадочной толщи, без видимых перерыров в осадконакоплении и включений осадков иного состава [5].

Осадки колонки, представленные однородными глинистыми илами, для диатомового анализа отбирались с шагом 3 см. Обработка образцов и приготовление препаратов проводились по стандартной методике [6]. Изучался качественный состав и количественное содержание диатомей на грамм воздушно-сухого осадка. Для приготовления препаратов применялась высокопреломляющая синтетическая смола МОUNTHEX с толуолом с показателем преломления 1.67. На всех этапах обработки использовалась только дистиллированная вода. Определение и подсчет видов проводились с помощью световых микроскопов IMAGER.А1 и МІКМЕD-6 при увеличении ×1300 и ×600 соответственно, фотографирование — цифровой видеокамерой АхіоСат MRc.

Возраст осадков определялся несколькими методами. Для первых десяти сантиметров осадка возраст определяли на основе скоростей осадконакопления по пикам содержаний ¹³⁷Сѕ и по неравновесному ²¹⁰РЬ, этот метод применим для датировки временного интервала 100–150 лет [7]. Для остальной части колонки LV 66-3 применялись радиоуглеродные датировки раковин моллюсков методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS) и тефрохронологические данные [8]. Калибровка ¹⁴С дат для получения календарного возраста исследуемых проб была выполнена с помощью программы Calib с использованием калибровочной кривой Marine 13 [9]. Средняя скорость осадконакопления колонки составила 1 мм/год, а для верхних 10 см – 1.6 мм/год. В колонке было изучено содержание брома в осадках, понижение которого связывается с экстремальными наводнениями, вызванными тайфунами [7].

В колонке LV66-3 было определено 176 видов, принадлежащих 71 роду. Видовой состав представлен морскими (86 таксонов), солоноватоводными (50), пресноводными (34) и вымершими в неогене видами (6), из которых 4 – пресноводные (Aulacoseira elliptica Tsoy emend. Usoltseva & Tsoy, Aulacoseira houki H. Tanaka, Aulacoseira ovata Usoltseva & Tsoy, Aulacoseira praegranulata var. praeislandica (Simonsen) Moisseeva) и 1 – неритический (Eupyxidicula zabelinae (Jousé) Blanco et Wetzel). Доминантом является Diploneis smithii (Brébisson) Cleve (до 38%), субдоминантом - Rhizosolenia setigera Brightwell (до 30%), Chaetoceros spp. (до 30%), Grammatophora oceanica (Ehrenberg) Grunow и G. oceanica var. subtilissima (J.W.Bailey) De Топі (до 25%). В верхней части колонки высокую численность составляют Lyrella spectabilis (Gregory) Mann (до 18%), Trachyneis aspera (Ehrenberg) Cleve (до 16%), Arachnoidiscus ehrenbergii Bailey (до 12%), Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky и Т. frauenfeldii (Grunow) Tempère & Peragallo (до 12%), Petroneis glacialis (Cleve) Witkowski, Cyclotella litoralis Lange et Syvertsen и Coscinodiscus radiatus Ehrenberg (до 8%), пресноводный вымерший вид Aulacoseira praegranulata var. praeislandica (Simonsen) Moisseeva составляет до 12%.

Кроме изменения таксономического состава по всей длине керна, резко изменяется соотношение экологических групп диатомовых комплексов и наблюдаются резкие падения количества диатомей на грамм воздушно-сухого осадка. Минимумы содержания диатомей совпадают с пиками минимумов содержания брома, связанными с экстремальными наводнениями, вызванных тайфунами или глубокими циклонами [4]. Для выделения сигналов наводнений в колонке LV66-3 использовалось обратное нормирование содержаний брома по рубидию (Rb/Br), в результате чего отрицательные относительно тренда пики брома были преобразованы в положительные пики Rb/Br [9]. Помимо лучшей наглядности это дает возможность использовать амплитуду пиков как одну из характеристик интенсивности наводнения. Для представления повторяемости наводнений принят уровень 0.5, который определяет интенсивность и достоверность событий. Полученная таким образом последовательность сигналов наводнений ARb/Br для последних 5000 лет с уровнем выше 0.5 коррелируется с минимальными содержаниями диатомей в осадках. По всей длине колонки отмечена разная частота минимумов содержания диатомей и соответствующие им сигналы наводнений. В более теплые периоды голоцена частота пиков с низким содержанием диатомовых водорослей увеличивается, в то время как в периоды похолодания - сокращается, что соответствует полученным нами ранее выводам по двум коротким колонкам, а именно с потеплением климата с 1960-х годов прошлого столетия усиливается частота и интенсивность тайфунов [4]. По данным Базаровой с соавторами [10] осадконакопление на поймах рек Приханкайской равнины в среднем-позднем голоцене подвергались паводкам и наводнениям, частота которых соответствует фазам потепления, сопровождающиеся повышением влажности климата. Усиление фронтально-циклонической деятельности в начале позднего голоцена подтверждается увеличением суммы заносной пыльцы, особенно хвойных пород [11]. В работе Ганзей с соавторами [12] в этот период также отмечены палеоцунами и наводнения на побережье Восточного Приморья, которые совпадают с пиками минимумов диатомей в осадках и, соответственно, с вышеуказанными сигналами. В колонке LV66-3 отражены преимущественно наводнения, сформировавшиеся во время наиболее интенсивных тайфунов, поскольку станция удалена от устья р. Раздольная, являющейся основным поставщиком взвешенного вещества с суши в залив.

Проведенное сравнение изменения содержания диатомей и отношения Rb/Br в изученной колонке Амурского залива показало совпадение данных на протяжении всей колонки, которые сопоставляются с экстремальными природными явлениями, таких как тайфуны, циклоны и наводнения. Полученные результаты можно использоваться в дальнейших исследованиях для распознавания подобных явлений при палеореконструкциях.

Работа выполнена в рамках Госзадания ФГБУН ТОИ ДВО РАН (тема № 0271-2019-0005, № гос. рег. АААА-А17-117030110033-0) и финансовой поддержке РНФ (грант № 18-77-10017).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Tsoy I.B., Prushkovskaya I.A., Aksentov K.I., Astakhov A.S. Environmental changes in the Amur Bay (Japan/East Sea) in the past 150 years on the basis of diatoms and silicoflagellates // Ocean Science Journal. 2015. V. 50. № 2. P. 433–444. http://dx.doi.org/10.1007/s12601-015-0039-8.
- Tsoy I.B., Prushkovskaya I.A. Diatoms and silicoflagellates abundances in the sediment core A12-4 from Amur Bay (Japan Sea). PANGAEA, 2019a. https:// doi.org/10.1594/PANGAEA.898638.
- 3. Tsoy I.B., Prushkovskaya. I.A. Diatoms and silicoflagellates abundances in the sediment core A12-5 from Amur Bay (Japan Sea). PANGAEA, 2019b. https://doi.org/10.1594/PANGAEA.898650.
- 4. Прушковская И.А. Влияние тайфунов на содержание диатомей в осадках Амурского залива (Японское море) за последние 150 лет // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2019. № 2. Вып. 42. С. 111–119. DOI:10.31431/1816-5524-2019-2-42-111-119.
- 5. Акуличев В.А., Астахов А.С., Карнаух В.Н. и др. Геоакустические признаки миграции метана субаквальных угленосных толщ в голоценовый осадочный чехол (Амурский залив Японского моря) // Доклады Академии наук. 2015. Т. 460. № 5. С. 589–594.
- 6. Жузе А.П., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова-Порецкая В.С. Методика исследования // Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. Л.: Наука, 1974. С. 50–79.
- 7. Астахов А.С. Калугин И.А., Аксентов К.И., Дарьин А.В. Геохимические индикаторы палеотайфунов в шельфовых отложениях // Геохимия. 2015. № 4. С. 387–392. https://doi.org/10.7868/S0016752515040020.
- 8. Акуличев В.А., Астахов А.С., Малахов М.И. и др. Первая находка криптотефры катастрофических извержений вулкана Байтоушань х в. н.э. в шельфовых отложениях Японского моря // Доклады Академии наук. 2016. Т. 469. № 6. С. 734–738.
- 9. Астахов А.С., Дарьин А.В., Калугин И.А., Аксентов К.И. Реконструкция частоты катастрофических наводнений на западном побережье Японского моря по шельфовым седиментационным записям // Метеорология и гидрология. 2019. № 1. С. 91–102.
- 10. Базарова В.Б., Лящевская М.С., Макаров Т.Р., Орлова Л.А. Обстановки осадконакопления на поймах рек Приханкайской равнины в среднемпозднем голоцене (юг Дальнего Востока) // Тихоокеанская геология. 2018. Т. 37. № 1. С. 94–105.

- 11. Лящевская М.С. Ландшафтно-климатические изменения на островах залива Петра Великого (Японское море) за последние 20000 лет // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 372–379.
- 12. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю. и др. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34. № 1. С. 80–96.

The study of diatoms in the sediments of the Amur Bay (Sea of Japan), formed over the past millennia, showed that the sharp short-term diatom concentration drops coincide with flood signals, which can be explained by the impact of typhoons or other catastrophic events.

Разжигаева Н.Г.¹, Ганзей Л.А.¹, Гребенникова Т.А.¹, Лебедев И.И.¹, Горбунов А.О.², Арсланов Х.А.³, Харламов А.А.⁴

(¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, e-mail: nadyar@ tigdvo.ru; ²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск; ³Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург; ⁴Институт океанологии им. П.П. Ширшова, г. Москва)

Запись палеоцунами в отложениях береговых озер, юг Дальнего Востока

Razjigaeva N.G.¹, Ganzey L.A.¹, Grebennikova T.A.¹, Lebedev I.I.¹, Gorbunov A.O.², Arslanov Kh.A.³, Kharlamov A.A.⁴

(¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok; ²Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk; ³St.Petersburg State University, St. Petersburg; ⁴Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Paleotsunami record in sediments of coastal lakes, south of the Far East

Ключевые слова: палеоцунами, береговые озера, радиоуглеродное датирование, юг Дальнего Востока

Отложения береговых палеоозер, расположенных за барьерными формами, прошедших разные стадии развития от лагун до заросших озер, являющихся своеобразными седиментологическими ловушками, наиболее информативны для поисков следов цунами. Идентификация осадков цунами, позволила определить возраст цунами, происходивших в среднем-позднем голоцене.

На побережье Приморья и Южных Курил береговые озера являются завершающей стадией развития лагун, образованных в разные фазы голоценовой трансгрессии. Их развитие контролировалось в первую очередь колебаниями уровня моря и изменением литодинамической ситуации в прибрежной зоне. Встречаются и палеоозера, местоположение которых хорошо выражено в рельефе и занято болотными сообществами. Следы цунами в органогенных отложениях выражены в виде прослоев и линз песков и идентифицируются по находкам морских диатомей, а также по присутствию диатомей не характерных данному биотопу, которые волна цунами могла захватывать прямым и обратным потоком во время прохождения вглубь суши. Возраст палеоцунами оценивается по данным радиоуглеродного датирования вмещающих органогенных отложений и данных тефростратиграфии.

В Приморье на юго-западе о. Русский на побережье бух. Красная лагуна образовалась, когда уровень моря достиг современных отметок. Наиболее

обширной лагуна была в максимальную фазу голоценовой трансгрессии (6750–5090 кал.л.н.) [2]. В отложениях найдены Tryblionella granulata и Tryblionella lanceola, которые могли поступать в лагуну с морскими водами в результате сильных штормов или цунами. Размыв барьерной формы ~5340 кал.л.н., вероятно, произошел во время сильного цунами. Близкий возраст ~5300 кал.л.н. установлен для подобного события в развитии лагуны бух. Кит [5]. С 4090 кал. л.н. существовало пресное озеро, которое постепенно деградировало. В экстремальные шторма, связанные с прохождением тайфунов или глубоких циклонов, в водоем поступала морская вода. Заплеск мог происходить и при сильных цунами. Наличие линз песка с глубоководными видами диатомей дает основание выделить палеоцунами ~4920-5000 кал. л.н. Сильная инъекция морской воды была ~4510–4590 кал. л.н. Событие ~3270±150 л.н., 3510±90 кал. л.н., ЛУ-8851, имеет аналоги на побережье бух. Триозерье, где сильное цунами датировано 3.52-3.56 тыс. кал.л.н. Инъекция морской воды, зафиксированная в кровле оторфованной глины, связана с цунами 1026 г., следы которого найдены в бух. Триозерье. Цунами ~560 кал. л.н. сопоставляется с данными по восточному побережью о. Русский (бух. Спокойная), где выявлены следы цунами, произошедшего 570±40 кал.л.н. На полуострове Муравьева-Амурского на месте озера Черепашье на пике голоценовой трансгрессии (около 6000 14 C л.н.), когда уровень моря был выше современного на 2-3м, существовала мелководная лагуна [6]. Около 2440 ¹⁴С л.н., 2490 кал.л.н. началось активное заболачивание. В торфянике найдены бентосные морской Tryblionella granulata, и солоноватоводные Campylodiscus echeneis, Diploneis interrupta, которые могут являться свидетельством прохождения цунами около 1170, 1000, 500 кал.л.н. Следы близких по возрасту сильных цунами обнаружены на побережье Восточного Приморья [1]. В Восточном Приморье на побережье бухты Озера расположено несколько озер лагунного типа (Духовские озера). Прослои песков в торфянике около оз. Мраморное содержат морские и солоноватоводные диатомеи – бентосные *Cocconeis* scutellum, C. costata, Delphineis surirella, Lyrella lyra и южнобореальный планктонный Actinocyclus octonarius. ¹⁴С-даты из подстилающего торфа (580±80 л.н., 600±50 кал.л.н., ЛУ-7104; 150±90 л.н., ≤200 кал.л.н., ЛУ-7101), показывают, что здесь фиксируются следы сильных цунами, произошедших до XX века. На южном берегу оз. Духовского, самого большого из озер найдены два прослоя песка, в которых обнаружен богатый комплекс морских и солоноватоводных диатомей (до 59%). Преобладают бентосные солоноватоводно-морские Achnanthes brevipes, Diploneis Melosira moniliformis, солоноватоводные Cocconeis scutellum, Rhopalodia musculus, Planothidium hauckianum. Из сублиторальных планктонных встречены Actinocyclus octonarius и Paralia sulcata. Скорее всего, найденные песчаные прослои являются следами последних цунами 1983 и 1993 гг. В бухте Лангоу I небольшое барьерное озеро окружено болотным массивом, образовавшемся на месте обширной лагуны. Обнаружены следы цунами, которое произошло около 2100±60 л.н., 2090±80 кал.л.н., ЛУ-6563, встречено большое количество морских и солоноватоводных диатомей – сублиторальные Campylodiscus echeneis, Caloneis westii, Cocconeis scutellum, Thalassiosira hyperborea var. septentrionalis, Hyalodiscus obsoletus, Diploneis smithii, D. smithii var. rhombica, Tryblionella littoralis, T. plana, Nitzschia sigma, Actinocyclus octonarius и неритические Actinocyclus curvatulus, Thalassiosira gravida. За последние 600 лет произошли 3-4 события. Под нижним прослоем песка получена ¹⁴С-дата 580±40 л.н., 600±40 кал.л.н., ЛУ-6562. Цунами, которое произошло в XIX-начале XX века, оставило прослой песка, под которым получены ¹⁴С-даты 170±60 л.н. (≤200 кал.л.н.), ЛУ-6561; 120±60 л.н. (≤200 кал.л.н.), ЛУ-6887. Осадками цунами ХХ века, вероятно, являются небольшие линзы и гнезда песка. В южной части бухты Кит на месте лагуны расположено болото с небольшим озерком. Торфяник включает прослой песка, оставленный цунами 1993 г. В нижней части разреза в прослое песка встречено 13 морских и солоноватоводных диатомей (до 7.4%): планктонные Actinocyclus octonarius, Odontella aurita, из бентосных наиболее часто встречаются Delphineis surirella, Anaulus maritimus, Cocconeis scutellum, Fallacia dithmarsica, присутствуют солоноватоводные Tryblionella plana, Т. acuminata, Ctenophora pulchella, Mastogloia elliptica, Melosira moniliformis, из глубоководных – фрагменты видов рода Coscinodiscus. Осадки древнего цунами обнаружены в разрезах 2.5 м лагунной террасы. Комплекс диатомей включает сублиторальные бентосные Diploneis interrupta, D. smithii, Plagiogramma staurophorum, планктонный Thalassiosira bramaputrae и океанический Rhizosolenia hebetata. Из подстилающих отложений получены ¹⁴С-даты 2290±80 л.н., 2300±120 кал.л.н., ЛУ-7065, 2540±80 л.н., 2600±120 кал.л.н., ЛУ-7063. В верхней части отложений в прослое песка найдены солоноватоводные бентосные диатомеи Diploneis smithii var. rhombica, D. interrupta, D. smithii var. pumila, Cocconeis scutellum, которые, принесены цунами. Цунами произошло около 830±60 л.н., 790±70 кал. л.н., ЛУ-7064. Возраст подтверждает находка вулканического пепла В-Тт влк. Байтоушань, извержение 946/47 г. н.э. [1].

На Южных Курилах наиболее подробная летопись следов палеоцунами получена на о. Шикотан. На тихоокеанском побережье острова в бух. Аэродромная (северная часть бух. Димитрова) изучался торфяник и отложения барьерного палеоозера, существовавшего во второй половине среднегопозднем голоцене. Во всех прослоях цунамигенных осадков обнаружена богатая диатомовая флора, включающая и морские формы (до 8%). Преобладают сублиторальные формы – Thalassiosira bramaputrae, Melosira lineata, Cocconeis scutellum var. parva, C. scutellum, Caloneis westii, Odontella

aurita, Actinocyclus octonarius, Nitzschia littoralis, N. plana, Diploneis smithii, D. smithii var. rhombica, Rhabdonema arcuatum, Arachnoidiscus ehrenbergii. B верхних прослоях отмечено высокое содержание солоноватоводного *Navicula* peregrina (до 10%), который захватывался волной цунами из приустьевого озерка. В отдельных слоях отмечены неритические (Thalassionema nitzschioides, Thalassiosira gravida, T. nordenskiöldii, T. hyalina, Thalassiosira sp.) и океанические виды (Coscinodiscus sp. Coscinodiscus oculus-iridis, Thalassiosira eccentrica, Rhizosolenia sp.). В позднеголоценовой части торфяника установлены следы 22 цунами. Верхние два относятся к 1994 г. и вероятнее всего 1975 г. В среднеголоценовой части разрезов обнаружено до 16-18 прослоев осадков палеоцунами, в основании разреза получена ¹⁴С-дата 4200±120 л.н., 4730±170 кал.л.н. ЛУ-5591. В бух. Безымянная в торфянике, расположенном за серией позднеголоценовых береговых валов, установлены следы 8 событий позднего и 2 среднего голоцена. Эта часть бухты затапливалась во время цунами 1994 г., высота заплеска была до 5.5 м [3]. Все прослои песка, которые отнесены к цунамигенным, включают морские диатомеи, представленные, в основном, сублиторальными видами (Odontella aurita, Thalassiosira bramaputrae, Actinocyclus octonarius, Tryblionella littoralis, T. acuminata, T. circumsuta, Diploneis smithii, Cocconeis californica, С. scutellum, Isthmia sp.), встречаются неритические и океанические (Coscinodiscus marginatus, Coscinodiscus sp., Thalassiosira gravida, Thalassiosira sp., Stephanopyxis sp.), а в среднеголоценовых прослоях - морской бентосный Cocconeis costata. В бухте Церковная найдены следы цунами, произошедших за последние 1200 лет. Осадки 7-8 палеоцунами обнаружены в отложениях небольших пресноводных водоемов. Из основания разрезов получены 14 С-даты 1210 ± 40 л.н., 1140 ± 60 кал.л.н., ГИН-13031; 1220±120 л.н., 1130±120 кал.л.н., ГИН-13032. Все прослои песков содержат морские диатомеи: преобладают виды, распространенные в прибрежных водах (Cocconeis scutellum, C. californica, Tryblionella levidensis, T. littoralis, Delphineis surirella, Odontella aurita, Navicula peregrina), a также встречены неритические и океанические (Thalassionema nitzschioides, Chaetoceros mitra, Thalassiosira eccentrica, Coscinodiscus sp., Thalassiosira sp.). Следы палеоцунами обнаружены на о. Шикотан и со стороны Южно-Курильского пролива. В бух. Малокурильская в отложениях палеоозера лагунного происхождения найдены цунамигенные пески, которые включают морские и солоноватоводные виды диатомей, преобладают бентосные сублиторальные формы, в небольшом количестве присутствуют планктонные сублиторальные виды и океанические диатомеи, которые заносились из глубоководных участков пролива. Идентифицированы отложения 2 исторических и 13 палеоцунами за последние 7.5 тыс. кал.лет. Повторяемость событий составляет 1 раз в тысячу лет за последние 2 тыс. кал.лет, что реже, чем на тихоокеанской стороне острова, где сильные цунами проходили каждые 300 лет. В период 2-5.1 тыс. кал.л.н. зафиксировано 9 событий, повторяемость — 1 раз в 180—500 лет, а в отдельных случаях цунами происходили через 90 лет. Особенно сильными были цунами ~3.5 и 3.8—3.9 тыс. кал.л.н. В среднем голоцене (5.1—7.5 тыс. кал.л.н.) повторяемость сильных цунами снизилась и стала 1 событие в 0.8—1 тыс. кал.лет. В бух. Хромова в разрезе берегового палеоозера найдены цунамигенные пески, которые показали, что сильные цунами проходили около 4.43 и 3.89 тыс. кал.л.н. Два прослоя песка соответствуют небольшим цунами в интервале 3.0—2.5 тыс. кал.л.н. Фрагменты океанических диатомей указывают на прохождение цунами 2.0, 0.34 и 0.106 тыс. кал.л.н. [4].

Геологические материалы показывают, что палеособытия были более интенсивными, хотя и более редкими, чем известные исторические цунами. Наиболее полная запись событий обнаружена в отложениях небольших озер с органогенным осадконакоплением.

Работа выполнена при поддержке программы «Приоритетных научных исследований в интересах комплексного развития ДВО РАН», проект 18-5-003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Арсланов Х.А. и др. Проявление палеоцунами на побережье Приморья в голоцене // Геоморфология. 2018. № 2. С. 20–31.
- 2. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С. и др. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоценеголоцене // Вестн. ДВО РАН. 1997. № 3. С. 121–143.
- 3. Кайстренко В.М., Гусяков В.К., Джумагалиев В.А. и др. Проявление цунами 4 октября 1994 года на Шикотане // Проявления конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией). Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. Т. VIII С. 55–73.
- 4. Назарова Л.Б., Разжигаева Н.Г., Дикман Б. и др. Реконструкция экологических условий голоцена северо-запада Тихоокеанского региона в соотношении с палеоданными острова Шикотан // ДАН. 2019. Т. 486 № 2. С. 76–80.
- 5. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A. et al. Landscape and environmental changes of Eastern Primorye coast at middle–late Holocene: climatic changes and human impact effects // Journal of Asian Earth Sciences. 2018. V. 158. P. 160–172.
- 6. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Lyaschevskaya M.S. et al. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav'ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time // Quaternary International, 2019. V. 516. P. 127–140.

The sequences of coastal paleolakes, which were the final stages of lagoon development, are natural sedimentological archives well-preserved paleotsunami records. Study area includes Primorye and South Kuril coasts. Diatom data along with lithological features were widely used in the identification of origin of the deposits. The age of most strong events in the middle-late Holocene was determined.

Русаков В.Ю.¹, Талденкова Е.Е.², Кузьмина Т.Г.¹, Ромашова Т.В.¹

(¹ФГБУН институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, e-mail: rusakov@geokhi.ru; ²Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, г. Москва)

Короткопериодные изменения природной среды и стадии осадконакопления в заливе Ога (архипелаг Новая Земля) за последнее тысячелетие

Rusakov V.Yu.¹, Taldenkova E.E.², Kuz'mina T.G.¹, Romashova T.V.¹

(¹Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow; ²Lomonosov Moscow State University, Moscow)

Short-term environmental changes and sedimentation stages in the Oga Bay (Novaya Zemlya Archipelago) for the last millennium

Ключевые слова: климатические изменения, осадконакопление, залив Ога, Новая Земля, Карское море

Представлены оригинальные данные по литологическому и геохимическому составу донных осадков, а также количественному и видовому разнообразию фораминифер, остракод и моллюсков, из колонки АМК-5248, отобранной во внутренней котловине залива Ога (архипелаг Новая Земля) в 2015 г. в ходе 63-го рейса НИС "Академик Мстислав Келдыш". Возрастная модель была построена по 4-м горизонтам на основе радиоуглеродных датировок бентосных фораминифер методом ускорительной массспектрометрии. Реконструирована история седиментации в заливе, начиная с 935 года нашей эры.

Главная цель работы заключается в реконструкции климатически обусловленных изменений палеосреды в западной части Карского моря в течение последнего тысячелетия. Для палеоклиматических реконструкций северные заливы Новой Земли представляют особый интерес. Часть из них имеет внутреннюю котловину, изолированную от сильного влияния придонных морских течений и служащую естественным резервуаром накопления донных осадков. Осадконакопление в них происходит по механизму "частица за частицей", т.е. без перерывов. В то же время, главным источником осадочного материала является сток талых вод ледников архипелага, который, в свою очередь, чутко реагирует на климатические изменения.

С точки зрения реконструкции истории седиментации и изменений природной среды заливы Новой Земли изучены крайне слабо. Известны

две статьи [3, 5], посвященные палеоклиматической реконструкции на основе изучения донных осадков залива Русская Гавань, расположенного на западном побережье Северного острова Новой Земли. В этих статьях приводятся данные изучения литологического состава осадков, видового состава микрофоссилий и изотопного состава карбоната фораминифер в 6-метровой колонке донных осадков АСВ-987.

Материалы. Донные осадки в районе исследований (кол. АМК-5248) отбирались с помощью коробчатого пробоотборника "Бокс-4" и прямоточной грунтовой трубки большого диаметра в точке с координатами: 74°37,9′ с.ш. и 59°18,3′ в.д. Глубина отбора донных осадков коробчатым пробоотборником составила 26 см, а грунтовой трубкой – 402 см. Возрастная модель создавалась на основе результатов датирования бентосных фораминифер методом ускорительной масс-спектрометрии (АМЅ¹4С). Датирование проводилась в Радиоуглеродной лаборатории Университета г. Познань (Польша) (the Poznań Radiocarbon Laboratory). АМЅ¹4С датировки были пересчитаны в календарный возраст по программе Calib 7.1 с применением стандартной резервуарной поправки 402 года, предусмотренной программой, и калибровочной базы данных Магіпе 13. Гранулометрический и химический состав осадков изучался в ГЕОХИ РАН, видовой и количественный состав микрофоссилий – в МГУ на географическом факультете.

Основные временные интервалы, обусловленные изменением климата. Проведенный анализ литологического И геохимического состава донных осадков, а также видового состава планктонных и бентосных организмов, в кол. АКМ-5248 позволяет нам реконструировать последовательность основных событий в истории седиментации и стадийность климатически обусловленных изменений природной среды в заливе Ога. Главными причинами, повлекшими изменения состава осадков, являются изменения климата и обусловленные ими отступание/ наступание границы ледника, влияние ледового разноса, водная циркуляция и биопродуктивность поверхностных вод внутри залива. В условиях существования основного источника осадочного материала в заливе Ога - выводного ледника Голубой, наличие двух разных литотипов донных осадков объясняется флуктуацией гидродинамического режима внутри залива и положением края ледника. Низкая численность микрофоссилий в кол. АМК-5248 говорит, прежде всего, об общей суровости климата в районе залива Ога в течение последнего тысячелетия. Изменения общей численности и разнообразия бентоса (бентосных фораминифер и остракод) по разрезу колонки хорошо согласуются с гранулометрическим составом осадков и содержанием IRD. На основании изменения видового состава, а также численности бентосных фораминифер и остракод, было выделено четыре основных временных интервала: 1) ~935-1280 гг. (средневековое потепление) — наиболее теплый период с продолжительным летом, высокой биопродуктивностью, активным таянием ледника и притоком вод открытого моря в залив; 2) 1280–1650 гг. (начало малого ледникового периода) — похолодание, сокращение "морского" влияния, формирование вертикальной водной конвекции внутри залива с 1350 г, вызывавшей периодические придонные течения и вымывание наиболее тонких фракций донных осадков; 3) 1650–1900 гг. (окончание малого ледникового периода) — максимальное похолодание, сплоченный ледовый покров летом, низкая биопродуктивность; 4) После 1900 г. (современное потепление) — некоторое потепление, выразившееся в росте численности бентосных фораминифер (рисунок).

Стадийность осадконакопления и ее связь с климатическими изменениями в других регионах. В разрезе кол. АМК-5248 выделяется 5 теплых и 4 холодных стадии разной продолжительности. Так, теплым стадиям, начиная с современной, на рисунке соответствуют нечетные номера 1, 3, 5, 7 и 9, а холодным четные – 2, 4, 6 и 8. Теплые (нечетные) стадии характеризуются укрупнением гранулометрического состава донных осадков (вследствие усиления водной циркуляции в заливе), увеличением доли IRD, а также увеличением численности и видового разнообразия микрофоссилий. Наиболее теплые условия в заливе наблюдались примерно в период с 1125 по 1160 гг. - кульминация средневекового потепления. Холодные стадии (четные) – наоборот более тонким гранулометрическим составом осадков, низким количеством IRD или его полным отсутствием, снижением численности и видового разнообразия микрофоссилий, условиями достаточно сплоченного ледового покрова, а также сокращением периода летнего таяния льдов и формирования айсбергов. Судя по этим показателям, наиболее холодные условия в заливе наблюдались в период с 1650 по 1900 гг., соответствующий похолоданию малого ледникового периода. Чередование стадий протекало на фоне глобальных климатических средневековому современному изменений. соответствовавших И потеплениям, а также похолоданию малого ледникового периода (см. выше). Мы полагаем, что выделенные стадии отражают региональные климатически обусловленные изменения природной среды восточного побережья Новой Земли, которые лишь частично совпадают с климатическими изменениями в других регионах (север Канады, Гренландия и Кольский полуостров) [1, 2, 4, 6], что указывает на уникальные особенности регионального климата Новой Земли.

Заключение. Анализ состава донных осадков кол. АМК-5248 позволил выявить три основных интервала в истории климатически обусловленных изменений природной среды залива Ога: средневековое потепление (935–1280 гг.), начальная (1280–1550 гг.) и поздняя фазы (1650–1900 гг.) малого ледникового периода и современное потепление (после 1900 г).

На фоне перечисленных периодов выделяются 9 чередующихся менее продолжительных стадий похолоданий и потеплений.

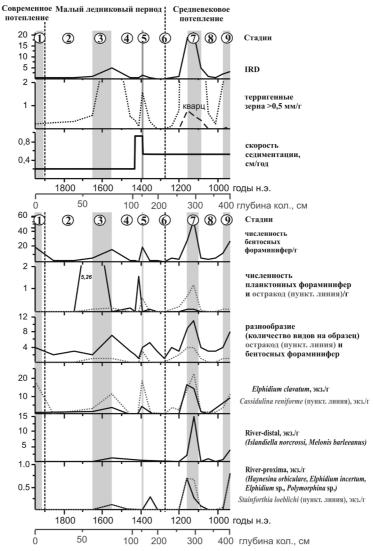


Рисунок. Распределение обломочного материала ледового и айсбергового разноса (IRD), общей численности различных групп микрофоссилий, видового разнообразия бентосных фораминифер и остракод, а также численности отдельных видов и экологических групп бентосных

фораминифер по разрезу колонки АМК-5248 относительно возраста (годы н.э.). Цифры в кружках соответствуют стадиям осадконакопления; тоном выделены теплые стадии.

Авторы выражают глубокую благодарность экипажу НИС "Академик Мстислав Келдыш" и лично начальнику экспедиции чл.-корр. РАН М.В. Флинту за помощь в работе и предоставленную возможность получения научного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. D'Andrea W.J., Huang Y., Fritz S.C., Anderson N.J. Abrupt Holocene climate change as an important factor for human migration in West Greenland // PNAS. 2011. V. 108. № 24. P. 9765–9769. DOI: 10.1073/pnas.1101708108.
- 2. Luoto T.P., Helama S. Paleoclimatological and paleolimnological records from fossil midges and tree-rings: the role of the North Atlantic Oscillation in eastern Finland through the Medieval Climate Anomaly and Little Ice Age // Quaternary Sci. Rev. 2010. V. 29. Is. 17. P. 2411–2423. DOI: 10.1016/j. quascirev.2010.06.015.
- Murdmaa I., Polyak L., Ivanova E., Khromova N. Paleoenvironments in Russkaya Gavan' Fjord (NW Novaya Zemlya, Barents Sea) during the last millennium // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2004. V. 209. P. 141–154.
- 3. PAGES 2k Consortsium. Continental-scale temperature variability during the past two millenia // Nature Geoscience. 2013. V. 6. P. 339–346.
- 4. Polyak L., Murdmaa I., Ivanova E. A high-resolution, 800-year glaciomarine record from Russkaya Gavan, a Novaya Zemlya fjord, eastern Barents Sea // The Holocene. 2004. V. 14. № 4. P. 638–644.
- Rolland N., Larocque I., Francus P., Picuitz R. Evidence from a warmer period during 12th 13th centuries AD from chironomid assemblage in Southampton Island, Nunavut, Canada // Quaternary Res. 2009. V. 72. Is. 1. P. 27–37. DOI: 10.1016/j.yqres.2009.03.001.

Original data on lithological and geochemical composition of bottom sediments, as well as quantity and species diversity of foraminifera, ostracodes, and mollusks, in AMK-5248 core, retrieved from inner depression of the Oga Bay (Novaya Zemlya) during the 63-rd cruise of R/V *Akademik Mstislav Keldysh* in 2015 are presented in this article. The age model is based on AMS 14-C dating of benthic foraminifera from 4 levels. Sedimentation history of the bay was reconstructed since ca. 935 CE.

Рыбалко А.Е.^{1,2,7}, Токарев М.Ю.³, Субетто Д.А.^{4,7}, Корост Д.В^{3,5}, Страховенко В.Д.^{6,7}, Кузнецов В.Ю.^{1,4}, Савельева Л.А.¹, Кискина А.Р.¹, Белкина Н.А.⁷, Беляев П.Ю.⁸, Алешин М.И.³, Костромина Н.А.^{1,9}

(¹Институт наук о Земле СПБГУ, г. Санкт-Петербург, e-mail: alek-rybalko@yandex.ru, ²Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, ³МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, ⁴Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, ⁵Центр Морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, ⁴Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения РАН, Новосибирск, ¬Институт водных проблем Севера Карельского научного Центра РАН, Петрозаводск, ⁸ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, ⁹ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург)

Опыт комплексного восстановления

палеолимнологических условий с помощью геолого-геофизических методов в Онежском озере (Петрозаводская губа)

Rybalko A.E.^{1,2,7}, Tokarev M.Yu.³, Subetto D.A.^{4,7}, Korost D.V.^{3,5}, Strachovenko V.D.^{6,7}, Kuznetsov V.Yu.^{1,4}, Saveljeva L.A¹, Kiskina A.R.¹, Belkina V.A.⁷, Belyaev P.Yu.⁸, Aleshin M.Yu.³ Kostromina N.A.^{1,9}

(¹Institute of Earth Sciences of SPSU, St.Petersburg, e-mail: alek-rybalko@yandex.ru, ²Centre of Seismic Dates, Lomonosov Moscow State University, Moscow, ³Lomonosov Moscow State University, Moscow, ⁴Herzen State Pedagogical University of Russia, St.Petersburg, ⁵Center for Marine Research, Lomonosov Moscow State University, Moscow, ⁴Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, ¬Northern Water Problems Institute Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, ⁸FSBI «VSEGEI», St.Petersburg, ⁹FSBI "VNIIOkeangeologiya", St.Petersburg,)

Experience in the comprehensive restoration of paleolimnological conditions using geological and geophysical methods in Lake Onega (Petrozavodsk Bay)

Ключевые слова: Онежское озеро, палеолимнология, непрерывное сейсмоакустическое профилирование, геологический пробоотбор, донные осадки, четвертичные отложения, палеогеография, голоцен, неоплейстоцен, современная геодинамика.

В докладе приводятся данные о проведении комплексных геолого-геофизических работ в Петрозаводской губе Онежского озера. Предварительно был выбран полигон, в пределах которого проведено непрерывное сейсмоакустическое профилирование в разных частотах. По

данным интерпретации этих профилей были выбраны места для 8 станций пробоотбора, на каждой из которых отобраны пробы на стратиграфопалеонтологическое изучение, определение абсолютного возраста, рентгенографическое изучение кернов и пр.

Палеолимнологические исследования озер являются одним из наиболее действенных способов восстановления палеогеографических условий в регионах в позднем неоплейстоцене – голоцене. Особые трудности возникают при изучении крупных озер из-за их величины и наличия больших глубин. Для их исследования необходимо использование относительно крупных научно-исследовательских судов (НИС), что, в свою очередь, требует комплексного подхода к организации подобных исследований.

Особенностью представляемых в нашей презентации исследований Онежского озера является объединение трех организаций и составление собственной программы изучения четвертичных отложений внутренних бассейнов (морских и озерных) гляциальной зоны Северо-Запада для восстановления палеогеографического развития этой территории в позднечетвертичное время, начиная с ее дегляциации и начала формирования указанных водных бассейнов по периферии Балтийского кристаллического щита. Это совместные комплексные исследования Санкт-Петербургского Государственного университета, Института водных проблем Севера (ИВПС) Карельского научного центра РАН и ЦМИ МГУ им.М.В Ломоносова. Работы проводились на базе ИВПС в г. Петрозаводске, В качестве опытного полигона для начала проведения работ была выбрана Петрозаводская губа (рис.1).

На первом этапе были проведены геофизические исследования, в состав которых входили: сейсморазведка сверхвысокого разрешения (ССВР) с источником «бумер» и 16-канальной аналоговой сейсмокосой, сейсморазведка ультравысокого разрешения (СУВР) с параметрических профилографом SES-2000 Light, гидролокация бокового обзора (ГЛБО) с Кlein450. Данный комплекс позволяет производить детальные исследования дна и поддонных границ, обеспечивая глубинность до 50-100 м, в зависимости от сейсмогеологических условий региона. Задачей этого блока исследований являлось получение информации о разрезе рыхлых отложений, а также о наличии газов, проявлениях разрывной тектоники и пр. Эти данные послужили основой для выбора контрольных точек пробоотбора. Общая длина профилей составила около 80 км.

Геологический пробоотбор проводился для заверки сейсмоакустических данных, а также получения материала для дальнейших литологостратиграфических исследований. Использовалась грунтовая прямоточная трубка с пластмассовым вкладышем диаметром 127 мм. Таким образом, был создан базовый каркас для проведения комплексных исследований четвертичных отложений в северной и центральной частях Онежского

озера. Эти исследования впоследствии были дополнены геологическими и геофизическими работами в открытой части озера, а на опытном Петрозаводском полигоне были проведены дополнительные геофизические исследования, включающие электроразведочные работы.

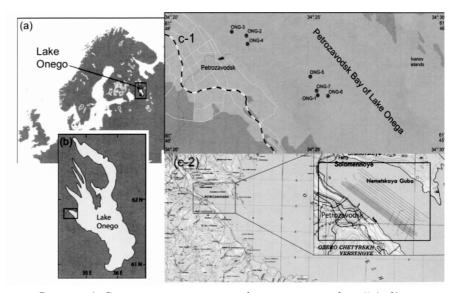


Рисунок 1. Схема расположения геофизических профилей (c-2) и геологических станций (c-1) в Петрозаводской губе Онежского озера в 2016

Интерпретация сейсмоакустических данных позволила составить базовую сейсмостратиграфическую схему донных отложений Петрозаводской губы (рис. 2)

Данные гидролокации бокового обзора позволили уточнить простирание основных элементов донного рельефа (флювигляциальная гряда), а также выделить многочисленные кратерные структуры (так называемые покмарки), которые пространственно связаны с глубокой депрессией в коренных породах, возможно, обусловленной тектоническим нарушением. Они могут достигать в ширину до 7м и имеют различную форму.

Данные геологического пробоотбора были использованы для создания корреляционных схем литостратиграфических горизонтов. Они включают в себя отложения двух верхних сейсмогоризонтов, а именно ледниковоозерные и озерные образования.

t, <u>MC</u> 1500 M

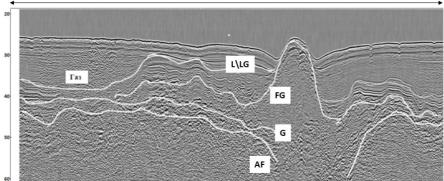


Рисунок 2. Сейсмостратиграфический разрез по профилю 3_1. Белыми линиями помечены отражающие сейсмоакустические горизонты. Буквенными обозначениями помечены названия интерпретируемых сейсмокомплексов. АF – акустический фундамент, G – ледниковые отложения (морена), FG – флювиогляциальные отложения, LG – лимногляциальные отложения, L – лимниевые нефелоидные отложения

Наиболее древними из вскрытых отложений являются неоплейстоценовые ледниково-озерные (ленточные) глины. В основании вскрытого разреза залегает толща ленточных глин с цветовой слоистостью. Характер переслаивания – близкий к ритмичной. В кровле этой толщи обычно выделяется маломощный горизонт так называемых «розовых глин», отличающийся более яркими тонами окраски и особыми текстурными особенностями. Выше по разрезу залегает сложно построенная толща голоценовых нефелоидных лимниевых осадков. В основании залегает пачка тонких пепельно-серых алевропелитов (мягких глин) текуче-пластичной консистенции. Глины однородные, иногда отмечаются нечетко выраженные скопления гидроокислов марганца и пиролюзита. При этом, в средней части этой пачки часто отмечаются слои, резко обогащенные черными сажистыми примазками. Эти примазки по данным В.Д. Страховенко сложены преимущественно гидроокислами марганца. Выше залегает толща типичных озерных илов. Латеральные различия в ней связаны с особенностями донного рельефа, мощностью озерных голоценовых осадков, что определяет и содержание в них метановых газов (чем больше мощность, тем вероятнее выделить в ней по геофизическим данным скопления газов).

В колонках были проведены палинологические исследования и радиоуглеродное датирование. Радиоуглеродное датирование проводится с использованием традиционных методов и методов AMS. В

отсутствие раковинного материала определение абсолютного возраста производилось по органическому веществу. Достаточное количество его содержалось только в верхней части колонок, и поэтому все датировки уложились в интервал верхнего или самых верхов среднего голоцена. Были получены следующие результаты. В колонке ONG -2/2 две верхние датировки (\sim 1340 и \sim 2510 кал. лет) четко укладываются в интервал верхнего голоцена и по предварительной литостратиграфической схеме попадают в тот же интервал. Наиболее древние отложения вскрыты в колонке ONG5 и по данным биостратиграфических исследований отнесены к аллереду (рис.1).

Дополнительный материал о формировании донных осадков был получен в результате томографических исследований керна. В основании толщи ледниково-озерных глин были выявлены текстурные признаки происходивших здесь оползаний. В толще голоценовых нефелоидных лимниевых осадков, представленной тонкими пепельно-серыми алевропелитами были выявлены зерна аутигенных сульфидов псаммитовой размерности. На полученных томограммах четко видны особенности локализации в них газов, с которыми связаны многочисленные поры, ориентированные в субвертикальном направлении, что указывает на инфильтрацию газофлюидов вверх к озерному дну.

Заключительным этапом данного цикла исследований было проведение в 2019 г. бурения со льда в 2-х точках в Петрозаводской губе, которое вскрыло полный разрез четвертичных отложений, начиная с морены валдайского оледенения.

Представленный методический комплекс для изучения четвертичных отложений крупных озер на ключевых участках по нашему мнению может служить своеобразным стандартом для палеолимнологических исследований. Дальнейшее развитие его связано с внедрением новых методов, как в части геофизических исследований, так и лабораторных методов.

Работа выполнена при поддержке грантов Санкт-Петербургского государственного университета № 18.42.1258.2014, 18.42.1488.2015, 0.42.956.2016 (для полевых исследований) и № 18.40.68.2017 (для закупки научного оборудования), гранта Российского фонда фундаментальных исследованиий (РФФИ) № 18-05-00303 и проект Российского научного фонда (РНФ) № 18-17-00176.

The report presented the complex of geological and geophysical data from the Petrozavodsk Bay of Lake Onega. A test site was preliminarily selected, within continuous seismic-acoustic profiling which was carried out at different frequencies. According to the interpretation of these profiles, 8 sampling stations were taken for stratigraphic-paleontological studies, radiocarbon analysis, x-ray core studies, and samples were also taken for gas-geochemical studies.

Сергиенко Л.А., Дьячкова Т.Ю.

(Петрозаводский государственный Университет, г. Петрозаводск, e-mail: saltmarsh@ mail.ru.)

Определение рисков нарушений стабильного существования прибрежных экосистем Голарктических морей

Sergienko L.A., Dyachkova T.Yu.

(Petrozavodsk State University, Petrozavodsk)

Determination of risks of the violations of the stable existence of coastal wetlands of Holarctic Seas

Ключевые слова: прибрежная зона, растительность, меромиктический водоем, соленые марши, Евро-Арктический регион

На модельных территориях — приморские маршевые луга, каменистая литораль (Норвежское и Баренцево моря), на берегах меромиктического водоема (Белое море) проанализировано состояние растительных сообществ и ключевых видов приморской флоры. По значению большинства параметров отличия выявлены для растений зоны супралиторали, тогда как показатели растений *из* зон верхней средней литорали, имели схожие значения.

В приморских экосистемах Голарктических морей формируются специфические экологические условия, которые определяют уникальность их биологического разнообразия. В ходе проведения комплексных исследований по проекту "«Экологический мониторинг прибрежных экосистем Арктики: тестирование чувствительности к загрязнению нефтепродуктами (Arctic EcoSens)». в 2018–2019 гг. в Норвежском (окр. г. Тромсе) и Баренцевом морях (окр. г. Вадсё — Варангер-фиорд, Тана-фиорд, г. Мурманск — пос. Мишуково, устье реки Кулоньга), а также по проектам РФФИ (2012–2016 гг.), на побережье Белого моря (окр. пос. Колежма, Кереть), проводилось изучение влияния антропогенных воздействий на приморские экосистемы Евро-Арктического региона.

Флористическое обследование приморских территорий было проведено с полным выявлением разнообразия высших сосудистых растений, Описание маршевых сообществ проводилось методом пробных площадей размером 1х1 м на трансекте, располагающейся в направлении от литорали к супралиторали с указанием встречаемости, обилия и проективного покрытия вилов.

На основании результатов анализа водной вытяжки почвенного субстрата выделены следующие типы маршевых почв: маршевые примитивные слабодерновые (илистые и песчаные), маршевые дерновые, маршевые торфянистые, маршевые дерново-глеевые супесчаные почвы. Кроме того,

отмечены также примитивные дерновые песчаные почвы и примитивные дерновые каменисто-песчаные почвы. Коренное отличие воздействия растительности на маршевое почвообразование от аналогичного воздействия растительного покрова суши проявляется в усилении аккумуляции морских наносов, благодаря чему образуются «фитогенные берега». Характерно быстрое формирование на неподготовленных субстратах существенно различающихся генетических горизонтов: грубый, почти без примесей минеральных частиц торф, хорошо развитая осоково-злаковая дернина, включающая до 50% песчаных и пылеватых частиц, мелкокорневая, сильносвязанная, часто оглеенная дернина, образованная корнями галофитов в иловатых грунтах. Для побережий Норвежского и Баренцева морей более характерны маршевые дерново-глеевые супесчаные почвы, для приморских зон Белого моря - маршевые примитивные слабодерновые (илистые и песчаные), маршевые дерновые, маршевые торфянистые почвы. Данные анализа водной вытяжки показывают высокое содержание солей в верхнем горизонте (1.6%) и значительное по всему профилю. Это объясняется большой подвижностью хлоридных солей и их легкой вымываемостью из верхнего горизонта.

Кроме того, некоторыми авторами [1-2] отмечается, что планировании принятий решений в области природопользования должны учитываться не только структурные характеристики природных объектов, но и их функциональные характеристики. Поэтому нами была использована классификация структурно-функциональная прибрежных основанная на принципах ординации по нескольким абиотических факторам (характеристика береговой линии, соленость, положение местообитания относительно уровня приливных зон, механический состав почвы) [3]. Единицы классификации выделялись на уровне микроландшафтов (или фаций) или их комплексов и мезоландшафтов [4]. В качестве признаков индикаторов на уровне микроландшафтов выбраны характерные фитоценозы или их комплексы. Комплексная оценка устойчивости и уязвимости приморских экосистем основывалась на представлениях об их структурнофункциональных особенностях и проводилась, исходя из таких абиотических и биотических характеристик, как: положение по градиенту относительно приливной зоны (сублитораль, литораль, супралитораль); соленость воды (соленая, солоноватоводная, пресноводная); тип субстрата (ил, ил с глеевым горизонтом, песок, гравий и камни, торф, крупные камни и скалы); тип берегового склона (6 градаций); при выделении единиц на мезоуровне также учитывалась форма береговой линии – а именно – экспозиция к морю (залив, открытый берег, эстуарий, дельта и пр.).

В оценку приморских экосистем включены такие параметры, как соотношение видов растений различных жизненных форм в

приморских растительных сообществах, видовая насыщенность и мозаичность растительного покрова, сезонная и многолетняя динамика приморской растительности, соотношение эколого-ценотических групп и биогеографических элементов.

На основе эколого-фитоценотического подхода все описанные фитоценозы были отнесены к типу растительности Herbosa: асс. Puccinellietum phryganodis, асс. Phippsio-Cochlearietum groenlandicae, асс. Caricetum subspathaceae, асс. Festuceto-Caricetum glareosae, асс. Caricetum mackenziei, асс. Leymetum arenarius honckenyosum diffusae, асс. Leymetum arenarius plantaginosum maritimae, асс. Caricetum subspathaceae potentillosum egedae, асс. Juncetum atrofuscus festucosum rubrae, асс. Juncetum atrofuscus glaucosum maritimae, асс. Plantaginetum maritimae.

В качестве индикаторного вида для изучения антропогенного влияния на ценопопуляционном уровне был выбран евро-арктический вид Plantago maritima L. На побережьях Норвежского и Баренцева морей пространственная структура популяций P. maritima характеризовалась хорошо выделяемым скоплением особей в пределах супралиторали, ближе к экотонной зоне. По мере удаления от нее разновозрастные особи распределялись практически равномерно по пробным площадям в виде компактных клонов разного календарного и онтогенетического возраста. По значению большинства параметров отличия выявлены для растений зоны супралиторали, находящихся под влиянием импульверизации, тогда как показатели растений P. maritima из зон верхней литорали и средней литорали, испытывающих ежедневное влияние приливов, имели схожие значения. Растения P. maritima зоны супралиторали отличались наибольшей высотой надземных побегов. Длина соцветия у растений составляла от 0.5 до 5.0 см. Таким образом, по мере приближения к урезу воды, наблюдается уменьшение размеров растений P. maritima: высоты побегов, линейных размеров листьев, длины цветоносов и соцветий. Аналогичная ситуация наблюдалась в структуре популяций Р. maritima и морфологических характеристиках его особей на Белом море [6]. Различия по вышеописанным параметрам, по-видимому, связаны с адаптацией растений P. maritima к местообитаниям разного почвенного богатства и, как следствие, разной биологической продуктивности. Более высокая относительная скорость роста, связанная с высокой интенсивностью и высокой удельной листовой поверхностью, опосредованно индицирует более структурированные и более продуктивные примитивные маршевые почвы, что увеличивает валовую первичную продукцию, ее более быстрое разложение, превращение в детрит и его поступление в биогеохимический круговорот.

Меромиктический водоем губы Лебяжья на Белом море (окр. пос. Кереть) является классическим примером естественного абиотического влияния на прибрежные экосистемы, заключающегося в изостатическом поднятии

берега и изменении условий существования растений на приморской полосе [7]. Зарастание берегов меромиктического водоема (ММВ) осуществляется укореняющимся гигрофитом Hippuris tetraphylla, образующего сплавину в зеркало водоема, т.е. происходит быстрое плавное неотвратимое зарастание водного зеркала ММВ, что может привести к его заболачиванию. Особенностями почв берегов ММВ являются наличие хорошо выраженного торфянистого горизонта. Данные анализа водной вытяжки показывают достаточно высокую кислотность почвы (рН от 3.53 до 5.17), сильную степень хлоридного засоления (больше 1000 мг/100, абсолютно сухой почвы), что сравнимо лишь с соленостью внутренних голых солончаков центральной Якутии [7–8]. Очень высоко содержание сульфатов (от 3000 до 8000 мг/100г абсолютно сухой почвы), что характеризует высокую скорость процессов сульфатредукции, происходящих в водной среде и в почве меромиктического водоема. По составу катионов, количество натрия (от 900 до 1400 мг на 100 г абсолютно сухой почвы) в два-три раза превышает количество остальных катионов - магния, кальция, калия. Подобное увеличение содержания натрия в водной вытяжке может быть объяснено молодостью образования данного участка берега и спецификой его положения. Наличие в структуре прибрежной растительности ММВ с большим проективным покрытием таких видов, как Festuca ovina (30%), Juncus gerardii ssp. atrofuscus, может косвенно свидетельствовать о постоянных подтоках солоноватых или даже пресных грунтовых вод из ММВ и быть предпосылкой для формирования в ближайшем будущем на месте маршевой зоны осоково-моховых пресноводных болот. В данном случае нарушен основной принцип существования приморских экосистем – основное функционирование приморских систем в переменной среде возможно лишь при условии нахождения их в колебательном режиме, который исчез из-за резкой смены условий их существования. Приморские виды отреагировали на это изменением видового состава и соотношением жизненных форм, несмотря на то, что в условиях приливно-отливной зоны устойчивость приморских экосистем все-таки может поддерживаться за счет компенсированного повышения качественного разнообразия, отражающего сложность взаимодействий между различными компонентами сообщества, В данном случае, это разнообразие уходит в сторону формирования на приморской территории меромиктического водоема с многочисленными «микронишами» особых приморско-болотных экосистем, уклоняющихся в своем развитии в сторону формирования не приморских маршей, а осоковомоховых пресноводных болот. Проведенные исследования устойчивости и ценности приморских экосистем Евро-Арктического региона показали, что при выявлении их характеристик, основное внимание необходимо уделять тем аспектам, которые определяются свойствами естественного развития устойчивости как самостоятельной системы. В условиях приливной зоны устойчивость приморских экосистем поддерживается за счет компенсированного повышения качественного разнообразия, отражающего сложность взаимодействий между различными компонентами сообществ. Это позволит более полно учитывать эволюционно-динамический потенциал естественной устойчивости развития приморской растительности и соотносить его с возможностями природопользования на определенной территории.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-54-20003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Minayeva T.Yu., Bragg O.M., Sirin A.A. Towards ecosystem-based restoration of peatland biodiversity // Mires and Peat. 2017. № 19(1). C. 1–36.
- 2. Минаева Т.Ю., Сирин А.А. Пространственные единицы для картирования экосистемных функций и услуг болот // Материалы конференции «VIII Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 2–3 февраля 2017 г.) под ред. д.б.н. Т. К. Юрковской). Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. С. 70–74
- 3. Минаева Т.Ю., Сергиенко Л.А., Лавриненко О.В. и др. Многофункциональная классификация приморских экосистем Северо-Востока Европы // Международный полевой симпозиум «Болотные экосистемы Северо-Востока Европы и проблемы экологической реставрации в зоне многолетней мерзлоты». Инта-Сыктывкар-Нарьян-Мар. Сыктывкар. 2017. С. 127–130.
- 4. Мазинг В.В. Актуальные проблемы классификации и терминологии в болотоведении // Типы болот СССР и принципы их классификации / Под ред. Т.Г. Абрамовой, М.С. Боч, Е.А. Галкиной. Л.: Наука, 1974. С. 6–12.
- 5. Сергиенко Л.А., Дьячкова Т.Ю., Андросова В.И. и др. Биоморфология и структура популяций Plantago maritima L.по градиенту заливания на побережьях голарктических морей // Ученые записки Gетрозаводского государственного университета. 2016. Т. 4. Вып. 154. № 4. С. 64–71.
- 6. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Кисло-сладкие озера, полные чудес // Природа. 2013. № 2. С. 39–48.
- 7. Еловская Л.Г. Засоленные почвы Якутии // Почвоведение. 1965. № 4. С. 28–34.
- 8. Еловская Л.Г., Коноровский А.К., Саввинов Д.Д. Мерзлотные засоленные почвы Центральной Якутии. М.: Наука, 1966. 274 с.

On the model territories – coastal wetlands, rocky littoral (Norwegian and Barents seas), on the shores of the meromictic reservoir (White Sea) the state of plant communities and key species of coastal flora was analyzed. The value of most parameters the differences observed for plants of supralittoral zone, whereas dominant plants from areas of the upper middle intertidal zone had the similar values.

Сергиенко Л.А.¹, Мосеев Д.С.², Зорина А.А.¹, Дьячкова Т.Ю.¹

(¹Петрозаводский государственный Университет, г. Петрозаводск, e-mail: saltmarsh@ mail.ru; ²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва)

Использование биологических параметров сосудистых растений для разработки технологии оценки уязвимости берегов высокоширотных арктических территорий Sergienko L.A.¹ Moseev D.S.², Zorina A.A.¹, Dyachkova T.Yu.¹ (¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk; ²Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Application of biological parameters of vascular plants for the development of technology for assessing the vulnerability of the shores of high-latitude Arctic territories

Ключевые слова: высокоширотные острова, Арктика, биоиндикация, сосудистые растения, зонирование

Представлены результаты по разнообразию сосудистых растений высокоширотных арктических островов архипелага Земля Франца Иосифа и Новая Земля, полученные в ходе проведения экспедиция «Отрытый Океан — Архипелаги Арктики — 2016». Результаты итоговой кластеризации (метод Уорда, евклидово расстояние) представлены в виде классификации островов по видовому составу и количественному многообразию сосудистых растений.

В 2016 г. с 30 июля по 4 сентября проведена комплексная экспедиция по Проекту Программы развития ООН в России, Глобального экологического фонда и Минприроды России (ПРООН/ГЭФ-МПР) «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России» с целью сохранения и поддержания биологического разнообразия и предотвращения гибели объектов животного и растительного мира в случае разливов нефти и нефтепродуктов в Арктической зоне Российской Федерации. Работы были проведены на островах 2-х архипелагов: Земля Франца-Иосифа (ЗФИ): (на 12 островах: Алджера, Белл, Гукера, Джексона, Ева-Лив, Земля Георга, Кейна, Ли-Смита, Мейбел, Сальма, Хейса, Этериджа) и 2 островах Новой Земли (НЗ): (в районе залива Русская Гавань на о. Северный и о. Восточный в группе Оранских островов), где были выбраны приоритетные точки по ведению мониторинга растительных арктических сообществ. На трех островах – Сальма, Ли-Смита, Этериджа – исследование проводилось растительного покрова впервые. Такие исследования являются пионерными не только для обследованных архипелагов, но и в целом, для высокоширотных островов российской Арктики [1]. При исследовании растительных сообществ использовались стандартные методы геоботанического профилирования, путем закладывания геоботанических площадок и трансект, а также визуальные маршрутные наблюдения, которые и до сих пор котируются в мировой ботанической науке [2]. Изучение биоразнообразия с последующей классификацией островов архипелагов НЗ и ЗФИ было проведено на основе двух экологических параметров:

- 1-V встречаемость видов по принципу «отсутствие-присутствие» или «0-1», которая хорошо характеризует изменение видового богатства по исследованным территориям (видовое богатство: β -разнообразие) и распространенность вида по островам.
- 2-Z относительная значимость вида (выравненность: β -разнообразие), как встречаемость конкретного вида по отношению к общей встречаемости видов сосудистых растений на том же острове (доля, %). Например, в 20 описаниях растительных сообществ на о. Северный было встречено 32 вида сосудистых растений 138 раз, тогда как лисохвост магелланский встретился всего девять раз. Показатель Z для лисохвоста магелланского равен 9/138*100 = 6.5%.

Из методов многомерной статистики использовался кластерный анализ, при этом классификация по показателю встречаемости видов проводилась на основе коэффициента Съёренсена, тогда как для показателей значимости вида использовалась евклидова мера расстояния.

Видовой состав сосудистых растений обследованной территории архипелагов довольно разнообразен, но небогат, принимая во внимание общую бедность флоры высокоарктических территорий. Всего на архипелагах нами выявлено 43 вида цветковых растений с 4 подвидами, представленных 26 родами и 10 семействами. Из них на ЗФИ обнаружено 32 вида из 52 известных, а на НЗ (Русская Гавань, Большие Оранские острова) – 31 вид, из 64, приведенных в научно-техническом отчете [3]. Анализ сводной флоры исследованных районов показал, что подавляющее большинство видов, собранных нами на архипелагах, относятся к семействам: Poaceae (10), Saxifragaceae (9) Caryophyllaceae (7) и Brassicaceae (6 видов). Значительно меньше представителей семейств Juncaceae (3), Polygonaceae, Ranunculaceae, Rosaceae (по 2 вида). И лишь одним видом представлены Salicaceae и Papaveraceae. Такой семейственный спектр характерен для флор высокой Арктики. По числу отмеченных нами видов самым богатым является род Saxifraga - 9, меньше видов приходится на род Poa - 4, по 2 вида приходятся на роды Lusula, Stellaria, Cerastium, Silene [4].

Анализ приуроченности видов к наиболее распространенным типам экотопов показал, что наиболее широко распространены и часто встречаются в районах исследований виды, занимающие следующие экотопы: 1 — приморские террасы с увлажнённым глинистым и суглинистым субстратами (Alopecurus magellanicus, Phippsia algida, Luzula nivalis, Cerastium arcticum, Cerastium

regelii, Stellaria longipes, Ranunculus sulphureus, Saxifraga cernua, Saxifraga rivularis, Saxifraga hyperborea, Saxifraga nivalis) и 2 — сухие местообитания на абразионных и аккумулятивных приморских террасах с суглинистыми и щебнистыми моренными субстратами (Poa alpigena, Poa arctica, Poa abbreviata, Cardamine bellidifolia, Cochlearia groenlandica, Papaver polare, Saxifraga cespitosa, Saxifraga oppositifolia). Все вышеперечисленные виды обнаружены в 6 и более точках исследования.

Флористическое исследование уникальных слабо изученных островов Русской Арктики с уязвимыми растительными сообществами включает как составление списка видов (видовое богатство: α (альфа)-разнообразие), так и оценку их количественных экологических параметров: изменение видового богатства по градиенту местообитаний – по островам (видовое богатство: β (бета)-разнообразие) и распределение видов и значимостей (выравненность: β -разнообразие). Для графического представления сходства территорий по видовому составу изучаемой группы растений построена дендрограмма (рис. 1), объединяющая острова в кластеры (группы сходных объектов). Использован алгоритм кластеризации на основе коэффициента Съёренсена.

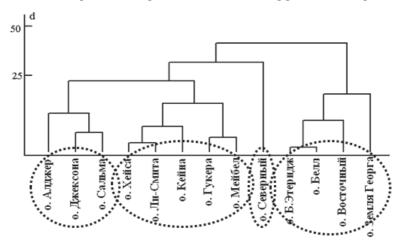


Рисунок 1. Дендрограмма сходства островов по видовому составу сосудистых растений

Наиболее бедны видами острова Б.Этеридж, Белл, Восточный, Земля Георга. Объединение островов Гукера, Мейбел, Ли-Смита, Хейса, Кейна связано с количественным разнообразием видов в сочетании с их качественным составом, представленным в основном эвритопными (широко распространенными, устойчивыми к условиям в арктических приморских сообществах) видами. Несмотря на то, что острова Сальма, Джексона,

Алджер сходны представленностью в них политопных видов, для каждого характерен свой уникальный набор редких стенотопных видов, что определяет и отличие в количественном разнообразии цветковых. Наконец, наиболее обособленное положение занимает остров Северный, характеризующийся максимальным разнообразием видового состава сосудистых растений (32 вида из 45 или 71%).

Кластерный анализ 11 островов по показателю значимости видов (Z) был проведен методом Уорда на основе евклидовой меры расстояния, которую часто применяют для количественных признаков. Этот метод направлен на объединение близко расположенных кластеров. Результаты кластеризации по показателю значимости видов представлены в виде дендрограммы (рис. 2)

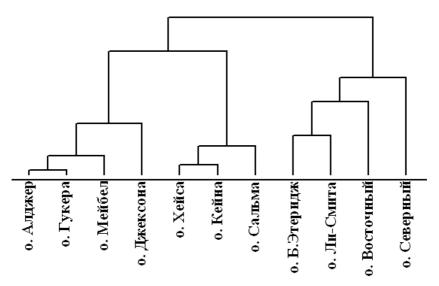


Рисунок 2. Дендрограмма сходства островов по количественному многообразию сосудистых растений

Таким образом, выявлено, что при проведении биологического мониторинга в высоких широтах, наибольшее внимание следует уделять оценке состояния растительных сообществ, имеющих значительное богатство видового состава, поскольку эти сообщества довольно редки для островов высокоширотной Арктики. Такие сообщества отмечены для островов Мейбел, Гукера, Алджера, Хейса и в заливе Русская Гавань на Новой Земле. Обязательным условием ведения мониторинга является контроль за состоянием популяций редких видов. К ним относятся: плевропогон Сабини, дюпонция Фишера, бескильница Валя, луговик дернистый (согласно нашим определениям — луговик коротколистный), фиппсия стройная, мятлик

Толмачева, ситник двучешуйный, кисличник двухстолбчатый, лютик Сабини, камнеломка рыхловидная, камнеломка плетевидная, камнеломка тоненькая, камнеломка шпицбергенская. В этот же список, следует включить популяции видов, единичные находки которых обнаружены в местообитаниях (в ходе экспедиции «Открытый океан — Архипелаги Арктики — 2016» не обнаружены) и, по-видимому, являются заносными; бескильница ползучая, лютик шпицбергенской, лютик гиперборейский. Из растительных сообществ, уязвимых к нефтяным загрязнениям, следует выделить сообщества сравнительно низких аккумулятивных берегов и берегов с ледниковой аккумуляцией на островах Сальма, Ли-Смита, Мейбел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гаврило М.В., Крашенинников А.Б., Мосеев Д.С. и др. Экспедиция «Открытый Океан Архипелаги Арктики 2016» на арктические особо охраняемые острова Архангельской области // Труды Архангельского центра РГО. Архангельск, 2016. Вып. 4. С. 200–209.
- 2. Матвеева Н.В., Заноха Л.Л., Афонина О.М. и др. Растения и грибы полярных пустынь Северного полушария. Санкт-Петербург: изд-во, «МАРАФОН», 2015. 320 с.
- 3. Мосеев Д.С., Сергиенко Л.А. К флоре островов архипелага Земля Франца-Иосифа и северной части архипелага Новая Земля (аннотированный список видов) // Ученые записки Петр ГУ. 2017. № 4 (165). С. 48–64.
- 4. Парк Виллема Баренца на Новой Земле. Научно-технический отчет по проекту WWF RU0073.01 «Arctic Reserves». М., 1999. 206 с.

The results of the expedition "Open Ocean – Arctic Archipelagos - 2016" concerning the diversity of vascular plants of the high-latitude Arctic Islands of Franz Josef Land and Novaya Zemlya are presented. The results of the final clustering (Ward's method, Euclidean distance) are presented in the form of classification of Islands by species composition and quantitative diversity of vascular plants.

Симагин Н.В.¹, Мурдмаа И.О.¹, Иванова Е.В.¹, Гинзбург К.А.^{1,2}, Мутовкин А.Д.¹

(¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: morskoylitolog@gmail.com; ²Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова)

Осадконакопление в каньонах на континентальной окраине Аргентинской Патагонии

Simagin N. V.¹, Murdmaa I.O.¹, Ivanova E.V.¹, Ginzburg K.A.^{1, 2}, Mutovkin A.D.²

(¹Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow; ²Lomonosov Moscow State University)

Sedimentation in the canyons on the continental margin of Argentinian Patagonia

Ключевые слова: Атлантический океан, глубоководные каньоны, терригенная седиментация, глауконит, бентосная фауна, придонные течения

В дночерпательных пробах, отобранных в каньонах и фоновых областях на континентальной окраине Аргентинской Патагонии в 52-м и 53-м рейсах НИС «Академик Иоффе» (рис. 1), был изучен состав осадков и гравийно-галечного материала. Впервые для этого региона были проведены измерения магнитной восприимчивости и элементного состава.

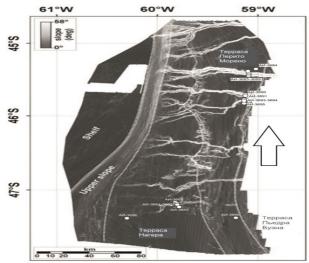


Рисунок 1. Схема расположения станций, белой стрелкой показано направление течений AAДВ

Дночерпательные пробы были отобраны на поперечных пересечениях через четыре каньона (нумерация изученных каньонов по [1, 2], с юга на

север — #0, #3A, #3B, #4) всего на 26 станциях, приязанных к прерывистым батиметрическим профилям. Из-за крутизны уклонов дна на них удалось получить только небольшие фрагменты сейсмоакустической записи, которые свидетельствуют о наличии в каньонах осадочных тел мощностью до 40 м [3, 4].

Правые (южные) борта изученных каньонов являются эрозионными. Для осадков на них характерна малая мощность и наличие большого количества обломков горных пород. Также в образцах с правых бортов было обнаружено большое количество представителей донной фауны хорошей сохранности – целые одиночные кораллы, морские ежи и многощетинковые черви. Для осадков, отобранных из этих бортов, характерны высокие значения параметра магнитной восприимчивости, что свидетельствует об их обогащении терригенным материалом.

Русловые осадки характеризуются низкой плотностью. Для них характерна плохая сортировка и бимодальное гранулометрическое распределение за счёт высокого содержания глины и окатанных обломков пород. Присутствие большого количества терригенного материала является причиной довольно высокого значения параметра магнитной восприимчивости для этих осадков. В пробах часто встречаются обломки фауны кораллов, балянусов и серпулид, очевидно, снесённых с правого борта и вдоль русла каньона.

Осадки левых (северных) бортов имеют большую мощность (до 80 м). Они характеризуются лучшей сортировкой по сравнению с другими обстановками осадконакопления, значительным содержанием глины и отсутствием обломков горных пород. Часто встречаются мелкие обломки фауны, при просеивании через сито в глинистой фракции можно заметить много детритового карбоната кальция.

Отобранные у южных стенок каньона образцы щебня и гальки являются, вероятнее всего, результатом их активной эрозии. Обломки представлены высокоуглеродистыми песчаниками и сланцами, обнажающимися на суше в аргентинской провинции Чубут [5]. Галька и гравий из русла каньонов на террасе Перито Морено, вероятнее всего, являются материалом ледового разноса [4]. Состав обломков очень разнообразный — базальты и базальтовые туфы, аргиллиты, песчаники и кварциты.

При изучении песчаной фракции под бинокулярным микроскопом отмечается почти идентичное распределение компонентов терригенной части осадка во всех пробах — соотношение зёрен кварца к зёрнам глауконита составляет примерно 11:9, редко встречается вулканическое стекло, слюда, зёрна пироксенов и амфиболов.

Распределение планктоногенного (раковины фораминифер) и детритового (обломки бентосной фауны – раковины морских ежей, кораллов, серпулид) карбоната кальция в пробах, очевидно, подчиняется вертикальной

зональности — наибольшее его количество встречено на более высокой террасе. Кремнёвые компоненты (радиолярии и спикулы губок) встречены единично и почти во всех пробах. К сожалению, из-за недостаточного количества проб невозможно провести достоверное сравнение проб из нескольких каньонов, поскольку они были отобраны на разных глубинах.

Таким образом, каньоны Патагонской системы заполняются под влиянием трёх факторов: гравитационные потоки, текущие вдоль их русел, придонные течения ААДВ и плавучие льды. Наибольшая активность гравитационных потоков наблюдается, по всей видимости, в южной части системы каньонов (#0), а на севере (особенно, в каньоне #4) каньоны практически малоактивны, что можно проследить по разнице в величинах магнитной восприимчивости и некоторым геохимическим показателям. Роль придонных течений можно проследить по хорошей сортировке осадков в руслах каньонов. Однообразие состава терригенной части осадков указывает на его единый источник сноса, вероятнее всего, с нижней части шельфа. Петрографический состав обломков схож с описанными [6, 7] породами, слагающими геологический разрез аргентинских провинций Чубут и Санта Крус.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект 18-17-00227).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 5. Munoz A., Acosta J., Cristobo J. and Atlantis Group. Geomorphology and shallow structure of a segment of the Atlantic Patagonian margin // Earth-Science Reviews. 2013. V. 120. P. 73–95.
- 6. Lastras A., Acosta J., Munoz A., Canals M. Submarine canyon formation and evolution in the Argentine Continental Margin between 44°30'S and 48°S // Geomorphology. 2011. V. 128. P. 116–136.
- 7. Отчет 52-го рейса НИС «Академик Иоффе», 2016.
- 8. Отчет 53-го рейса НИС «Академик Иоффе», 2017.
- 9. Blanco-Chao R., Pedoja K., Witt C. et al. Chapter 10 The rock coast of South and Central America // Geological Society, London, Memoirs. 2014. V. 40. P. 155–191.
- 10. Isla F. Coastal barriers from Argentina: Buenos Aires, Patagonia and Tierra del Fuego // Quaternary and Environmental Geosciences. 2017. V. 07(1). P. 1–9.
- 11. Bozzano G., Violante A.R., Cerredo M.E. Middle slope contourite deposits and associated sedimentary facies off NE Argentina // Geo-Mar Lett. 2011. V. 31. P. 495–507.

The composition of sediments and gravels has been studied in the grab samples obtained on the continental edge of the Argentine Patagonia in the canyons and pelagic areas during the 52nd and 53rd cruises of the R/V "Akademik Ioffe" The measurements of the parameters of magnetic susceptibility and elemental composition had been carried out for this region for the first time.

Соколова Е.А.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, e-mail: sokolova @ocean.ru)

Позднекампанское похолодание в Мексикано – Карибском регионе (по данным фораминиферового анализа) Sokolova E.A.

(Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Moscow).

Late Campanian cooling in the Mexican - Caribbean region (according to the foraminifer analysis)

Ключевые слова: фораминиферы, палеоклимат, танатоценозы, осадконакопление, Атлантический океан, похолодание, водные массы

Проанализированы данные по видовому составу раковин планктонных фораминифер ($\Pi\Phi$) в кампанских осадках, вскрытых девятью скважинами в Мексикано – Карибском регионе. Для каждого разреза определен тип танатоценоза $\Pi\Phi$ и установлена принадлежность районов к той или иной климатической зоне. Установлено, что в конце позднего кампана произошло значительное похолодание, особенно сильно проявившееся в Мексиканском заливе.

Акватория, включающая Мексиканский залив, Карибское море, Центрально-Американский перешеек и Багамские острова, представляют собой тектонически-активный и сложный по строению и район. Отложения этого региона, датируемые поздним кампаном [1] вскрыты девятью скважинами глубоководного бурения. Из кернов этих скважин автором отобрано 215 образцов. С целью реконструкции климатических условий, в каждом образце был изучен систематический состав планктонных фораминифер (ПФ), что позволило подразделить разрез на два временных среза, соответствующие по стратиграфической шкале [1] началу позднего кампана (фаза Radotruncana calcarata) и концу позднего кампана (основание фазы Gansserina gansseri). В процессе исследования использовались собственные данные изотопно-кислородного анализа [2]. Скважины глубоководного бурения нанесены на палеогеодинамические реконструкции. Все виды ПФ отнесены к той или иной климатической группе. Для каждого разреза посчитывалось соотношение раковин видов, относящихся к разным климатическим группам. Сначала эта работа, в соответствии с нашей методикой [5, 6] была выполнена для более молодого среза то есть для конца позднего кампана. Выяснилось, что в конце позднего кампана ареалы распространения видов тропической группы намечаются только в южной части изучаемого региона (скв. 152, 146), в остальных разрезах они представлены единичными экземплярами, а в самом северном разрезе (скв.390А) тропические формы не найдены. Раковины видов субтропической группы встречаются повсеместно, но их численность не превышает 30% от общего количества раковин. Во всех разрезах (кроме скв. 152, 146) доминируют представители умеренной группы: Globigerinelloides multispinatus (Lalicker), G. prairiehillensis Pessagno, Heterohelix striata (Ehrenberg), H. globulosa (Ehrenberg), Hedbergella monmouthensis (Olsson), H. holmdelensis Olsson. В скважинах 390А, 392 и 627 численность их раковин достигает 70%. В результате было установлено, что в большей части изучаемой акватории в конце позднего кампана господствовал переходный теплобореальный подтип танатоценоза. Только в самых южных разрезах (скв. 146, 152) выявлен промежуточный тип танатоценоза, а в разрезе скважины 390А – бореальный.

Затем аналогичная работа была проведена для начала позднего кампана. Выяснилось, что все разрезы характеризуются весьма разнообразными комплексами ПФ. Повсеместно доминируют видов субтропической групп: Globotruncana arca (Cushman), G. orientalis El Nagga, G. bulloides Vogler, G. stephensoni Pessagno, G. lapparenti Brotzen, G. hilli Pessagno, Globotruncanita stuartiformis (Dalbiez), Rugoglobigerina rugosa (Plummer), Radotruncana subspinosa (Pessagno) Ventilabrella austinana Cushman. Численность их раковин составляет 65%. Раковины видов умеренной и тропической групп представлены приблизительно одинаковым количеством экземпляров. В разрезах скважин 146, 152 возрастает значение видов тропической группы: Radotruncana calcarata Cushman и Contusotruncana fornicata (Plummer). Такие комплексы ПФ типичны для промежуточного типа танатоценоза.

На основании пространственного распространения танатоценозов для двух изучаемых срезов были построены карты климатической зональности. Разным климатическим зонам соответствуют различные палеотемпературные оценки поверхностных водных масс [2, 7].

Подробная характеристика выделенных зон и танатоценозов дана в работе [6].

АНАЛИЗ КАРТ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

В начале раннего кампана, по всему изучаемому региону от 10° до 35° с.ш. (здесь и далее имеются в виду палеошироты), господствовала промежуточная климатическая зона (рис. а). Такие климатические условия для этих широт весьма характерны в позднем мелу [8, 9].

В конце позднего кампана началось резкое похолодание (рис. б)., которое продолжилось в маастрихте. Промежуточная зона была развита только в районе Карибского моря. Ее северная граница сместилась к югу до 20° с.ш. Большая части изучаемого региона от 20° до 35° с.ш. характеризуется теплобореальной подзоной. Севернее 35° с.ш. господствует бореальный тип танатоценоза. Выполненные реконструкции подтверждаются собственными данными изотопнокислородного анализа [2], для проведения которого из

кернов скважин 95, 98, 390A нами были отобраны и использованы раковины ПФ: Globigerinelloides volutus (White), Globotruncanita stuartiformis (Dalbiez), Planoglobulina multicamerata de Klasz. Полученные оценки палеотемператур поверхностных вод колеблются в пределах 13 - 15°C.

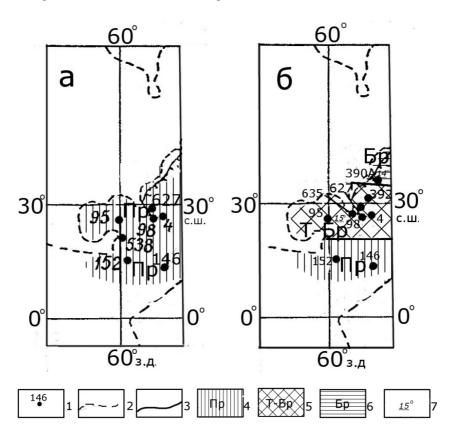


Рисунок. Климатическая зональность в начале позднего (а) и в конце позднего кампана (б). 1 – скважины глубоководного бурения; 2 – границы континентов; 3 – границы климатических зон; 4–6 – климатические зоны по [1]: 4 – промежуточная, 5 – теплобореальная, 6 – бореальная; 7 – палеотемпературы.

Позднекампанское похолодание зафиксировано данными В.Н. Беньямовского с соавторами [10]. Согласно нашим данным [6], это похолодание продолжилось и усилилось в маастрихте.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы о климатических условиях, которые были развиты в Мексикано – Карибском регионе в кампане.

- 1. Климат в позднем кампане, согласно реконструкциям по ПФ и палеотемпературным оценкам, был относительно мягким и однородным. Он представлял собой пример климата так называемой теплой биосферы.
- 2. На протяжении всего позднего кампана климат в Карибском море был более теплым, чем в мексиканском заливе.
- 3. В конце позднего кампана началось резкое похолодание. Границы всех климатических зон сместились к югу. Температура поверхностных вод в Мексиканском заливе не привышала оценку 15°C.

Автор считает своим долгом выразить благодарность руководству Проекта океанического бурения за присланные образцы из кернов скважин глубоководного бурения.

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № 0149-2018-0006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Coccioni R., Premoli Silva I. Revised Upper Albian–Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetostratigraphy of the classical Tethyan Gubbio section (Italy) // Newsletters on Stratigraphy. 2015. V. 48. № 1. P. 47–90.
- 2. Zakharov Y.D., Popov A.M, Shigeta Y. et al. New Maastrichtian oxygen and carbon isotope record: Additional evidence for warm low Iatitudes // Geosciences Journal. 2006. V. 10. № 3. P. 339–359.
- 3. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А., Седов А.П. Глобальные палеогеодинамические реконструкции для последних 160 млн.лет // Геотектоника. 1984. № 3. С. 3–16.
- Scotese C. R., Gahagan L. M., Larson R. L. Plate tectonic reconstructions of the Cretaceous and Cenozoic ocean basins // Tectonophysics. 1988. № 155. P. 27–48.
- 5. Блюм Н.С., Иванова Е.В., Оськина Н.С., Соколова Е.А. Климатическая зональность Мирового океана в позднем миоцене // Тез. докл. 1 Всесоюзной школы «Стратиграфия мезокайнозойского осадочного чехла Мирового океана». М.: 1984. С. 9.
- 6. Соколова Е.А. Палеоокеанологические реконструкции Тихого океана для конца позднего мела (маастрихт) по планктонным фораминиферам М.: ВИНИТИ, 1998. N 1351-B 98. 174 с.
- Falzoni F., Petrizzo M.R., Clarke L.J. et al. Longterm Late Cretaceous oxygenand carbon-isotope trends and planktonic foraminiferal turnover: A new record from the southern midlatitudes // GSA Bulletin. 2016. V. 128. P. 1725–1735.
- 8. Соколова Е.А. Миграция климатических зон в Атлантическом океане и прилегающих регионах в среднем и позднем туроне по планктонным

- фораминиферам // Океанологические исследования. 2018. Т. 46. № 1. С. 102–114.
- 9. Соколова Е.А. Климатическая зональность и биоразнообразие планктонных фораминифер в сеноман-туронском временном интервале // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Геология и биоразнообразие мезозойско-кайнозойских отложений юга России». Горячий Ключ, 2015. С. 151–157.
- 10. Беньямовский В.Н., Алексеев А.С., Подгаецкий А.В.и др. Верхний кампан нижний маастрихт севера Ростовской области. Статья 2. Условия осадконакопления и палеогеография // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 5. С. 77–96.

The data on the species composition of shells of planktonic foraminifera (PF) in Campanian sediments discovered by nine wells in the Mexican - Caribbean region are analyzed. For each section, the type of PF thanatocenosis was determined and the affiliation of regions to a particular climatic zone was established. It was established that at the end of the late campaign there was a significant cooling, which was especially pronounced in the Gulf of Mexico.

Сорокин В.М., Лукша В.Л., Янина Т.А.

(Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: vsorok@rambler.ru)

Сравнительное позднечетвертичное осадконакопление на платформенных окраинах Восточного Средиземноморья и Черного моря

Sorokin V.M., Luksha V.L., Yanina T.A.

(Lomonosov Moscow State University)

Comparative Late Quaternary sedimentation on platform margins of the Eastern Mediterranean and the Black Sea

Ключевые слова: седиментогенез, четвертичный, осадки, континентальный склон, сапропель, карбонаты, глинистые минералы

Изучены состав и строение позднечетвертичных осадков континентальных склонов и прилегающих участков глубоководных впадин Средиземного моря от залива Сидра до ГКВ р. Нил и северо-западного района Черного моря. Выявлены особенности осадконакопления, определяемые климатическими условиями и их изменениями в течение последнего оледенения.

Южная окраина Восточного Средиземноморья и северо-западная окраина Черного моря, включающие шельф, континентальный склон и прилегающие глубоководные впадины, занимают погруженные под уровень моря участки допалеозойских Африканской и Восточно-Европейской платформ и эпигерцинской Скифской плиты. По тектоническому режиму, геологическому и геоморфологическому строению, истории развития они обладают многими близкими чертами. В то же время коренными отличиями между изученными объектами являются, с одной стороны, их климатическое положение, а с другой - гидрологические параметры водных толщ. Так, примыкающие к Средиземному морю площади суши (пустыня Сахара) лежат во внеледниковой субтропической зоне, являются бессточными и расположены в зоне экстремально аридного климата, сменяемого в межледниковья короткими периодами увлажнения. В свою очередь, равнинные водосборные области Черного моря занимают приледниковую зону Северной Европы, климатические условия которой на протяжения четвертичного времени изменялись от межледниковых гумидных до ледниковых аридных. Другое отличие проявляется в наличие стабильного морского режима в Средиземном море и чередующихся слабо солоноватоводных и морских режимов в Черном море из-за наличия или отсутствия связи со средиземноморским бассейном.

Отмеченные особенности обстановок седиментогенеза определяют формирование разнотипных разрезов позднечетвертичных морских

осадков, отличающихся принципами стратиграфического расчленения и литологическим составом.

В основе проведенного исследования лежат результаты изучения нескольких колонок осадков с континентального склона и впадины Восточного Средиземноморья между заливом Сидра и принильским районом и нескольких колонок с центральной части континентального склона северозападного района Черного моря.

Биостратиграфия. Верхнечетвертичные осадки *Восточного Средиземноморья* расчленены на основе смены комплексов планктонных фораминифер, диатомовых водорослей, пыльцы и спор, с использованием маркирующих горизонтов пепла и сапропелей. В результате в 4-метровой толще отложений выделены межледниковый рисс-вюрмский, ледниковый вюрмский и послеледниковый голоценовый горизонты.

Рисс-вюрмские осадки слагаются в различной степени известковыми илами, содержащими до трех прослоев сапропеля S3-S5. Среди планктонных фораминифер в них доминируют тепловодные виды. В составе споровопыльцевых спектров отмечается высокое содержание древесной пыльцы (20–80%). В сапропелевых прослоях преобладает пыльца широколиственных пород.

В вюрмских известковых осадках в нижней и верхней частях разреза возрастает доля холодноводных фораминифер (до 70%). Среди пыльцы здесь доминирует пыльца трав-ксерофитов (до 80%). В средней части горизонта содержание тепловодных фораминифер колеблется от 25 до 75%. В составе пыльцы и спор увеличивается роль пыльцы деревьев (до 30–60%), в основном сосны. Пыльца широколиственных пород содержится в небольшом количестве. Характерной чертой средневюрмских осадков является присутствие пеплового прослоя Y-5 возрастом около 35 тыс. лет. Ряд пепловых прослоев содержится и в других частях вюрмского горизонта.

В солоценовых осадках, представленных известковыми илами с прослоем сапропеля S1, преобладают тепловодные фораминиферы (45–90%). В составе спорово-пыльцевых комплексов на долю древесной пыльцы приходится 50–80%, причем в сапропелевом прослое доминирует пыльца широколиственных пород (до 45%). Стратиграфическое значение имеет широко распространенный в Восточном Средиземноморье прослой тефры Z-1, образовавшийся около 3.5 тыс. лет назад при извержении Санторина.

В *Черном море* в изученных разрезах верхнечетвертичных отложений выделены межледниковый карангатский (морской), нерасчлененный ледниковый посткарангат-новоевксинский (озерный) и послеледниковый черноморский (морской) горизонты. На шельфе они расчленяются главным образом по фауне моллюсков, а за его пределами по микрофауне.

Карангатский горизонт содержит комплекс наиболее стеногалинных средиземноморских видов пелиципод, включая Cardium tuberculatum, а

также диатомовых водорослей и кокколитофорид (Gephyrocapsa carribeanica). Эвригалинные морские комплексы моллюсков, диатомовых и кокколитофорид присутствуют в *черноморском* горизонте (древнечерноморские и новочерноморские слои).

Взалегающей между морскими горизонтами части верхнеплейстоценовых отложений достоверно выделен и охарактеризован только *новоевксинский* интервал разреза, сформировавшийся во время последней (осташковской) стадии валдайского оледенения и охватывающий последнюю регрессию, LGM и последующую озерную стадию послеледниковой трансгрессии Черного моря (25–8 тыс. ¹⁴C лет). Его осадки содержат слабо солоноватоводные каспийские виды моллюсков родов Dreissena и Monodacna и пресноводные диатомовые водоросли, в основном, Stephanodiscus astraea. Более древние части разреза, синхронные калининской стадии оледенения и средневалдайскому межстадиалу изучены слабо, надежные данные по ним практически отсутствуют, а их границы не установлены. Лишь в нескольких скважинах с болгарского шельфа выше карангатского горизонта были вскрыты осадки со смешанной морской (переотложенной?) и каспийской фауной, что позволило ряду авторов отнести их к посткарангатскому подгоризонту.

Литология. Главными компонентами позднечетвертичных осадков Восточного Средиземноморья и Черного моря являются карбонатная и глинистая составляющие, которые качественно и количественно существенно различаются как между бассейнами, так и в разрезе их отложений.

В Средиземном море позднечетвертичные осадки по размерности относятся к группе алевритово-пелитовых илов с содержанием CaCO, как правило, более 50%. Карбонатное вещество представлено несколькими генетическими типами: биогенным, хемогенным и терригенным. В изученных разрезах биогенный материал слагается преимущественно остатками фораминифер, кокколитофорид, птеропод, редко фрагментами бентосной фауны с шельфа. По минеральному составу преобладает кальцит, реже фиксируется арагонит и высокомагнезиальный кальцит. Хемогенный материал концентрируется в тонких фракциях осадков, где присутствует в виде кристаллической массы, сложенной высокомагнезиальным кальцитом, реже арагонитом. Терригенный материал представлен обломками кальцита, доломита и известняков. В изученных разрезах наблюдается изменения в соотношении генетических форм карбонатов. Так, в сапропелевых прослоях и в рисс-вюрмских илах отмечено увеличение доли биогенного кальцита и арагонита и резкое сокращение доли хемогенного высокомагнезиального кальцита. В вюрмских карбонатных илах, наоборот, существенно возрастает роль хемогенного высокомагнезиального кальцита.

Особенностью глинистой составляющей осадков является преобладание иллита (60–65%), аномально высокое содержание каолинита (25–35%),

подчиненное значение хлорита и смектита. При этом соотношение между группами минералов в разрезе осадков существенно не изменяются. Для Нильского ГКВ характерно доминирование смектита (до 50%) и каолинита (до 35%) в интервалах разреза, образованных за счет материала речных выносов, и высокая доля иллита в "фоновых" илах.

В *Черномморе* карбонатное вещество испытывает значительные изменения в разрезе позднечетвертичных осадков. Максимальные его концентрации установлены на 3 уровнях: в глинисто-кокколитовых новочерноморских и карангатских илах (до 40–60%), в верхней части новоевксинских глинисто-известковых илах (до 70%). В остальных интервалах осадки характеризуются низкой карбонатностью (менее 15–20% и даже менее 10% в коричневых новоевксинских илах времени LGM). В целом в разрезе глубоководных позднечетвертичных илов наибольшим распространением пользуются терригенные карбонаты, представленные доломитом, кальцитом и обломками известковых пород. Биогенные карбонаты, представленные кальцитом кокколитофорид, доминируют в межледниковых карангатских и черноморских отложениях. Хемогенные карбонаты в виде кристаллического кальцита и арагонита слагают тонкие прослои в низах сапропелей и два выраженных слоя в верхней части новоевксинского горизонта.

Глинистое вещество черноморских осадков испытывает закономерные изменения в составе за время последнего ледникового — послеледникового цикла. В новоевксинских тонкодисперсных (до 70% фракции <0.002 мм), светло коричневых илах, накопившихся во время LGM (менее 5% CaCO₃, менее 0,5% TOK), в составе глинистых минералов абсолютно доминирует иллит (85–90%) и практически отсутствует смектит. На долю хлорита и каолинита приходится не более 15%. Вверх по разрезу в серых глинистых новоевксинских илах (CaCO₃ 10–20%, TOK до 1%) и выше в голоценовом сапропеле (CaCO₃ менее 20%, TOK до 10%) и кокколитовом иле (ТОК до 3–5%) количество иллита сокращается до 60–70%, смектитов (монтмориллонит + неупорядоченные смешанослойные образования иллитмонтмориллонитового состава) возрастает до 10–15%, суммы хлорита и каолинита до 15–20%.

Изложенный материал свидетельствует о принципиальном различии позднечетвертичного осадконакопления на платформенных окраинах Средиземного и Черного морей, определяемым климатическими условиями седиментогенеза и характером их изменений во время последнего оледенения.

На протяжении вюрма во внеледниковой зоне в Северной Африке и в южной части Восточного Средиземноморья существовали стабильные, аридные, субтропические обстановки, сменяемые плювиалами последнего межледниковья и голоцена, маркируемыми в разрезах сапропелями. Осадки представлены тонкозернистыми преимущественно глинисто-карбонатными разностями биогенного (бентогенного и планктоногенного), хемогенно-

биогенного (низко- и высокомагнезиально кальцитового) и хемогенного (арагонитового) типов с примесью эолового материала алевритовой размерности. В составе глинистого материала на большей площади дна распространена смектит (<15%) — каолинит (25–30%) — иллитовая (55–60%) ассоциация, сменяемая в районе глубоководного конуса выноса Нила иллит (<30%) — каолинит (25–35%) — смектитовой (до 50%) ассоциацией. Минеральный состав осадков отражает особенности состава питающих провинции (рифтовые зоны водосборных областей Нила с доминированием смектитов), особенности выветривания отложений в теплых аридных обстановках (высокая доля каолинита) и развитие морского хемогенного процесса (образование хемогенных карбонатов).

Северные водосборные области Черного моря лежат в зоне влияния позднеплейстоценового (валдайского) оледенения, южные границы которого располагались на широте г. Тверь. На формирование состава выносимого в бассейн терригенного материала оказывало влияние контрастное изменение климата от умеренно-теплого гумидного в межледниковья, когда активизировались процессы химического выветривания и почвообразования, до холодного аридного в ледниковые стадии с доминированием физического выветривания (образование лессов). Подобная смена ландшафтных и палеогеографических условий нашла наглядное отражение в смене состава осадков, накопившихся во время последней (осташковской) стадии оледенения и послеледниковья. В этот период произошел переход от терригенного типа седиментогенеза с формированием практически мономинеральных (иллитовых) глинистых илов к биогенно-терригенному с высокой долей кремнистых (диатомовых), карбонатных (кокколитовых) и органических (сапропелевых) илов и полиминеральных глинистых илов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-05-00684).

The composition and structure of the Late Quaternary sediments of the continental slopes and adjacent areas of the deep-sea basins of the Eastern Mediterranean and the northwestern region of the Black Sea were studied. The features of sedimentation determined by climatic conditions and their changes during the last glaciation are revealed.

Стрелецкая И.Д.¹, Ванштейн Б.Г.⁴, Васильев А.А.^{2,3}, Облогов Г.Е.^{2,3}

 $(^{1}\text{МГУ}$ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, e-mail: irinastrelets@gmail.com; 2 Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень; 3 Тюменский государственный университет, Тюмень; 4 ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург)

Особенности накопления и промерзания отложений в переходной зоне суша-море (Западная Арктика) Streletskaya I.D.¹, Vanshtein B.G.⁴, Vasiliev A.A.^{2,3}, OblogovG.E.^{2,3}

(¹Lomonosov Moscow State University, Moscow; ²Earth Cryosphere Institute SB RAS (ECI SB RAS), Tyumen; ³Tyumen State University, Tyumen; ⁴Institute VNIIOceangeology, St. Petersburg)

Peculiarities of accumulation and freezing of deposits in the transitional land-sea zone (Western Arctic)

Ключевые слова: четвертичные отложения, условия промерзания, подземные льды, регион Карского моря.

Проведены геолого-криолитологические исследования разрезов береговых обрывов четвертичных отложений на севере Западной Сибири в районе геокриологического стационара Марре-Сале (западное побережье п-ова Ямал) и возле полярной станции Сопочная Карга (правый берег Енисейского залива). Установлены условия накопления и промерзания отложений в прибрежной зоне. Подтверждена гипотеза о внутригрунтовом, а не атмосферном происхождении пластовых льдов региона.

На обширных мелководных шельфах Арктики при колебании уровня океана в конце неоплейстоцена — голоцене механизмы промерзания водонасыщенных осадков были схожи. Морские береговые обрывы исследовались нами в районах геокриологического стационара Марре-Сале (западное побережье п-ова Ямал) и возле полярной станции Сопочная Карга (правый берег Енисейского залива) (рис. 1). Разрезы со схожим строением известны в районе п. Харасавэй (Западный Ямал), по берегам Гыданской губы и др.

Разрезы четвертичных отложений состоятиз двух пачек – континентального и морского генезиса различной мощности. Граница континентальных и морских отложений располагается как выше, так и ниже современного уровня моря. Установлено, что континентальные отложения, вмещающие мощные сингенетические полигонально-жильные льды (ПЖЛ), начали накапливаться 35-48 тыс. лет назад во время морской изотопной стадии (МИС) 3 [1]. Выделяется несколько стадий роста ПЖЛ, которые коррелируются с этапами похолоданий климата (криохронами). В связи с этим, в разрезе четко прослеживаются несколько генераций ПЖЛ отличающихся главным

образом по размерам и содержанию в расплавах льда изотопов δ^{18} O и δ D [2]. Завершается разрез континентальных отложений голоценовыми осадками склонового, озерного, эолового и биогенного генезиса с ПЖЛ меньших размеров. На контакте морской и континентальной пачек присутствует маломощный галечный горизонт пляжевой фации. Нижние части ПЖЛ нижележащие отложения проникают В преимущественно суглинисто-глинистого состава морского генезиса. Морские отложения содержат мощные монолитные пластовые льды (ПЛ) с минеральными и органическими включениями, часто с большим количеством включений воздушных пузырьков. В морских отложениях встречаются высокольдистые области (ледогрунты), часто дислоцированные. Дислокации отбиваются главным образом по льдистости - чередуются более и менее льдистые прослои в разной степени насыщенные минеральными включениями, органикой, морскими солями и газовыми включениями (рис.2).



Рисунок 1. Местоположение районов исследования

Основная цель исследований — реконструировать условия промерзания и накопления четвертичных отложений. Новые данные о генезисе льдов и геолого-геохимические исследования вмещающих их отложений позволяют решить эту задачу.

В лаборатории литологии и геохимии ВНИИОкеангеология (г. Санкт-Петербург) были выполнены аналитические исследования, которые включали определение состава отложений по фракциям, количество органического углерода, степени засоления отложений, состав водно-растворимых солей методом водной вытяжки, определялось содержание трехвалентного двухвалентного железа. Определение содержания стабильных изотопов

кислорода и водорода из льда выполнено в Изотопной лаборатории института Полярных и Морских исследований им. Альфреда Вегенера в Потсдаме (Isotope Laboratory of Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Research Unit Potsdam). Оценка значений δ^{18} О и δ D проводилась в промилле по отношению к «стандарту средней океанической воды» с погрешностью 0,1 % и 1 % соответственно. По методике А.В. Суркова [3], исключающую потерю тяжелой фракции после отмучивания с декантацией, подготовлены пробы и исследованы мономинеральные фракции тяжелых минералов (магнетита, монацита, ильменита, циркона, рутила, граната, эпидота) и кварца.

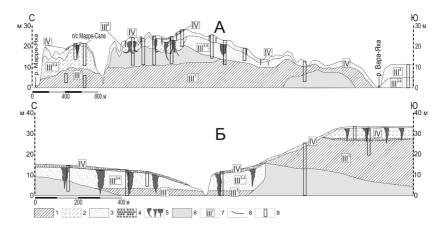


Рисунок 2. Геолого-криолитологическая схема строения береговых разрезов районов исследования: А — Марре-Сале; Б — Сопочная Карга. Условные обозначения: 1 — суглинки, глины; 2 — супеси; 3 — пески; 4 — торф; 5 — полигонально-жильные льды (ПЖЛ); 6 — пластовые льды (ПЛ); 7 — геологогенетический индекс отложений; 8 — места расчисток и отбора проб.

Исследовалась также газовая компонента в многолетнемерзлых породах и подземных льдах. В частности, определялось содержание метана в газовой фазе в ИФХиБПП РАН (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН) на газовом хроматографе ХПМ.4 (Московская область, г. Пущино) с плазменно-ионизационным детектором и в лаборатории ВНИИОкеангеологии (г. Санкт-Петербург) на газовом хроматографе SHIMADZU GC 2014.

Изучение вмещающих ПЖЛ и ПЛ осадков показало, что их формированию сопутствовала восстановительная обстановка. Об этом говорит резкое преобладание двухвалентных форм железа над трехвалентной. Высокая степень восстановленности характерна для дислоцированной

сильнольдистой толщи, где отношение Fe_2O_3/FeO составляет 0.6-0.9 или трехвалентная форма железа полностью отсутствует. Для континентальной пачки, включающей сингенетические ПЖЛ также характерна высокая степень восстановленности, отношение Fe_2O_3/FeO составляет 0.1–0.4 или же трехвалентная форма железа полностью отсутствует. Исключение составляют отложения на контакте между морской и континентальными толщами, который маркируется ожелезненными гальками с присутствием большого количества органического углерода (Copr = 0.8%). Здесь отношение Fe_2O_3/FeO составляет 1.1, а количество трехвалентного железа составляет 1.74%.

Тяжелый изотопный состав ПЛ и соотношение изотопов водорода и кислорода указывают на морской генезис источника воды. На близкий перенос континентальными водами осадков в промерзающие лагуны и озера на лайде указывают ожелезненная глинистая взвесь во льду, частички торфа, окатанные песчинки. В отложениях присутствует частички аутогенного марказита, что указывает на сероводородное загрязнение в застойных условиях мелких озер и лагун, слабо связанных с морем. Такие условия характерны для отложений мелководного шельфа и лайд, куда реками выносятся континентальные осадки с большим количеством органики. Здесь отсутствует волновое перемешивание воды, а разложение большого количества органики идет без доступа кислорода. Промерзание таких отложений вероятно происходило в закрытой системе, на что указывают включения пузырьков воздуха, находящихся под давлением, и последовательное облегчение содержания стабильных изотопов во льду с глубиной.

Присутствие в одной из проб континентальных осадков окатанной частички самородного золота позволяет предположить, что золото переносилось потоками, насыщенными взвесью с высокой плотностью. Высокая льдистость отложений, ритмичное чередование льдистых прослоев, в разной степени насыщенных минеральными включениями, предполагает сингенетическое накопление и промерзание отложений в условиях осущающегося шельфа, а последовательное сокращение вверх по разрезу степени засоления и смена морских солей на континентальные свидетельствует об уменьшении роли нагонов и приливов на побережье.

С глубиной количество минеральных включений в ПЛ сокращается, а лед становится более прозрачным. Многочисленные пузырьки газа во льду, образуют скопления, что придает льду белесый оттенок. Газ в пузырьках находится под давлением. В пластовых льдах концентрация метана на порядок выше, чем в ПЖЛ, и достигает 24 мл/кг (в среднем составляя 0.7–1 мл/кг). В ПЖЛ содержание метана в среднем составляет около 0.05–0.1 мл/кг). Высокое содержание метана в пластовых льдах – результат его миграции из вмещающих пород и концентрирования в ледяном теле при промерзании изначально не мёрзлой толщи и образовании ледяного тела. Исключительно

высокое содержание метана в пластовых льдах убедительно подтверждает их не атмосферное, а внутригрунтовое происхождение. Изотопный анализ метана по соотношению изотопов $\delta C^{13}(CH_4)$ и $D(CH_4)$ также однозначно свидетельствует о его биогенном генезисе [4].

Авторы благодарят сотрудников Института полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Потсдам, Германия) за изотопные анализы воды и расплавов льда, сотрудников лаборатории «криологии почв» Института физико-химических и биологических проблем почвоведения (г. Пущино) за определения количества метана во льду и воздухе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 18-05-60080). Данные по газовой компоненте в отложениях и подземных льдах района Марре-Сале получены в рамках проекта РФФИ № 18-05-60004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Стрелецкая И.Д., Гусев Е.А., Васильев А.А. и др. Подземные льды в четвертичных отложениях побережья Карского моря как отражение палеогеографических условий конца неоплейстоцена голоцена // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 2012. № 72. С. 28–59.
- 2. Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Облогов Г.Е., Матюхин А.Г. Изотопный состав подземных льдов Западного Ямала (Марре-Сале) // Лёд и Снег. 2013. Т. 53(2). С. 83—92. doi.org/10.15356/2076-6734-2013-2-83-92
- 3. Сурков А.В. Новое в изучении песчано-алевритовой компоненты россыпей и осадочных пород (Альтернативная методика). М.: Издатель Е. Разумова, 2000. 286 с.
- Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Облогов Г.Е. и др. Метан в подземных льдах и мёрзлых отложениях на побережье и шельфе Карского моря // Лёд и Снег. 2018. Т. 58(1). С. 65–77. doi.org/10.15356/2076-6734-2018-1-65-77

Geological and cryolithological studies of coastal sections of Quaternary sediments were carried out in the north of Western Siberia in the area of the Marre-Sale geocryological station (western coast of the Yamal Peninsula) and near the Sopochnaya Karga polar station (right bank of the Yenisei Gulf). The conditions for the accumulation and freezing of sediments in the coastal zone are established. The hypothesis about the intra-soil, but not atmospheric origin of the formation massive ice is confirmed.

Чепалыга А.Л.¹, Садчикова Т.А.²

(¹Институт географии РАН, г. Москва, e-mail: tchepalyga@mail.ru; ²Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: tamara-sadchikova@yandex.ru)

Геологическое строение, литология VIII черноморской террасы (Крым, Судак) и реконструкция условий обитания древнего человека (эоплейстоцен)

Chepalyga A.L.¹, Sadchikova T.A.²

(Institute of Geography RAS, Moscow; Institute of Geology RAS, Moscow)

Geology, lithology of VIII Black Sea terrace (Crimea, Sudak) and reconstruction of ancient human environment (Eopleistocene)

Ключевые слова: Крым, эоплейстоцен, морская терраса, лагунно-морские фации, каменные орудия олдованского типа.

Многослойные олдованские стоянки Кок-Коз, Эчки-1, Лобовой хр. Карадага, представляющие VIII Манджильскую террасу, расположены на Ю-В берегу Крыма между Судаком и Карадагом (поздний эоплейстоцен). Литолого-геохимические особенности осадков характерны для лагунно-морских фаций (гурийского солоновато-водного бассейна). Культуросодержащие слои приурочены к пляжевым галечникам, представлены многообразием пик, чопперов, скребков, ножей и др.

Основные находки палеолитических стоянок были описаны Н.И. Андрусовым на поверхности террасовых площадок в Эчки-Даге [2]. В результате дальнейших исследований обнаружено более десятка стратифицированных местонахождений и стоянок в отложениях террас эоплейстоцена. А.Л. Чепалыгой в июне 2014 г. открыта первая в Крыму стратифицированная многослойная олдованская стоянка Кок-Коз [8], в конце того же года была открыта новая олдованская стоянка Эчки-1 в отложениях той же VIII Манджильской 100-метровой террасы. VIII Манджильская терраса с олдованской стоянкой Кок-Коз, занимает центральное место в террасовой системе Судака — эта самая распространенная и общирная терраса (100 м абс), которая была сформирована в конце эоплейстоцена, возраст — верхний гурий, около одного млн. лет (установлен на основании выявления палеомагнитного эпизода Харамилло).

Разрез Кок-Коз, представленный в настоящей работе, расположен в центре селения Солнечная долина (Кок-Коз) Судакского района, координаты N44°52'21.08»С\E35°6'24.44»В). Под маломощным горизонтом каштановой почвы обнажается ритмично построенная толща осадочных пород, представленная чередованием глинистых и песчано-глинистых алевритов (мощность алевритовых слоев 2–2,5 м) с горизонтами гравийно-валунногалечниковых отложений, неслоистых, несортированных, мощностью

0,8–1,2 до 2,0 м. К этим горизонтам грубообломочных пород приурочены 4 культурсодержащих слоя с артефактами.

Ритмично построенная осадочная толща разреза Кок-Коз (мощностью более 13 м), представленная, по меньшей мере, четырьмя циклами (ритмами), в каждом из которых алевритовые отложения снизу верх сменяются галечниками-валунниками полимиктового состава (изверженные породы, сидериты, песчаники, алевролитаы, аргиллиты, известняками и др.), хорошей окатанности и сортировки, залегающими с резким, неровным контактом. Валуны и галька размером до нескольких см в поперечнике, характеризуют, вероятно, прибрежные пляжевые фации мелководного бассейна с активной волно-прибойной зоной, перекрывающие песчаноалевритовые и глинисто-алевритовые осадки лагуны или удаленной от берега, относительно более глубоководной и динамически более спокойной части водоема. Алевритовые осадки по преимуществу хорошо сортированные, тонко горизонтально слоистые, известковистые (содержание карбоната до 25 %), в глинистой фракции представлены по преимуществу слюдой, с примесью каолинита и смешанослойного минерала слюда смектит. Условия среды, а именно соленость установлена по содержанию остаточного иона СІ в изученных осадках. В ряде публикаций [5, 6] отмечалось ранее, что содержание остаточного иона С1-, начиная от 0,18 % и более соответствует, как правило, соленым бассейнам (в частности, понтическому морскому бассейну). В осадках пресных водоемов этот параметр обычно не превышает 0,02%. Полученные результаты [8] показывают, что алевриты, содержащие 0,36 и 0,62 % С1-, относятся к морским осадкам (соседний разрез Эчки-1, расположенный в 5 км к востоку и соответствующий той же VIII Манджильской террасе, характеризуется близкими результатами по содержанию Cl⁻).

Разрез стоянки **Эчки-1** находится у подножия горы Эчки-Даг, координаты N44°53'39.03»С / E35° 9'17.33»В, на террасовом кластере «Черепаха» в самой южной его части у туристической тропы. Поверхность – VIII Манджильская терраса высотой около 100 м абс, цоколь – на высоте 83 м, общая мощность террасовых отложений – 17 м. Первый культуросодержащий слой (КС-1) залегает на глубине 0,5–3,0 м, нижний – на 13,0 м. По изменению литологического состава отложений в разрезе Эчки-1 выделены три пачки: нижняя пачка І – грубообломочные породы (базальные галечники) с прослоями алевритов, мощностью около 1,0 м; средняя пачка ІІ – алевритовая, около 7,5 м; и верхняя пачка ІІІ, ритмично слоистая, представленная чередованием галечников и алевритов, 8 м мощностью. Состав галечников базального горизонта и грубообломочных прослоев по всему разрезу практически не меняется: это известняки и осадочные породы юрского флиша (алевролиты, аргиллиты, песчаники) с примесью

магматических и метаморфических пород вулканического массива Карадаг (андезиты, базальты, кератофиры, туфы, трассы). Глинистые алевриты, слагающие большую часть разреза и явно преобладающие во II и III пачках, сортированные, тонкие, горизонтальнослоистые, слабо песчанистые, с примесью карбоната в цементе, с обилием трубчатых кальцитовых футляров (ходов корневых нитей) по преимуществу в верхней части и агрегатами аутигенного гипса. Глинистая фракция представлена слюдой. хлоритом, смешанослойным минералом слюда-смектит, каолинитом. При этом отмечена смена доминирующего минерала по разрезу снизу вверх: в глинах нижней части преобладает слюда, а начиная с глубины порядка 7.5 м и до самого верха преобладающим становится хлорит, что может свидетельствовать о смене источников сноса, связанной с изменением уровня бассейна. При понижении уровня и продвижении речных дельт Дуная, Днепра. Днестра, Кубани вглубь шельфа, наибольшая часть поступающего терригенного материала выносится из почвенных отложений равнинной территории, поэтому осадки насыщены слюдой и смектитом. При повышении уровня моря речные дельты отступают вместе с береговой линией, поэтому основным источником осадков становятся продукты разрушения комплекса магматических и метаморфических пород Большого и Малого Кавказа, среди которых преобладающим является хлорит [7]. Содержание остаточного Cl-, как и в разрезе Кок-Коз, позволяет наметить вероятный ход эволюции бассейна: на начальном этапе, в отложениях I пачки, содержание Cl⁻составляет 0,30–0,50 %, что характеризует максимальную для этого водоема соленость в условиях морского бассейна. Вверх по разрезу эта величина понижается до 0,07 %, что свидетельствует об опреснении за счет пресных поверхностных и речных вод в условиях изолированной (полуизолированной) лагуны. С этим этапом связан привнос слюды в глинистой взвеси. Ритмичное осадконакопление в верхней пачке происходило в результате мелких осцилляций или миграции берегового вала на фоне стабильного повышения уровня. Увеличение Cl-до 0,25 % в верхней части разреза Эчки-1указывает на возрастание солености при. возобновление связи лагуны с открытым морем, как результат повышения уровня бассейна – изменение источников сноса, преобладающим минералом глин становится хлорит С последовавшим обмелением бассейна и развитием почвенных процессов связано накоплением в верхней части разреза известковых корневых футляров.

При общем сходстве ритмичного строения разрезов Кок-Коз и Эчки-1, в разрезе Эчки-1 ритмы более частые и маломощные, чем в разрезе Кок-Коз, что свидетельствует о различии динамики водной среды. Морской генезис террасовых отложений Судака подтверждается обнаружением поблизости осадков эоплейстоценового гурийского бассейна солоноватоводного типа на шельфе юго-восточне г. Алушты. Фауна моллюсков каспийского типа (Digressodacna, Tshaudia и др.) характеризует соленость этого бассейна

в пределах от 5 до 15 промилле. Разрез Лобового хребта Карадага еще мало изучен, но представляет интерес в связи с обнаружением артефактов олдованской стоянки VIII Манджильской террасы.

Коллекция из 4-х культуросодержащих слоев стоянки Кок-Коз насчитывает более 50 изделий галечной культуры, в основном на гальке или на отщепах. Породы, из которых изготовлены изделия – это песчаники нижнее-среднеюрского флиша, также значительное количество орудий из вулканических пород Карадага, принесенных в свое время вдольбереговыми течениями. Это андезито-базальты, кератофиры, метаморфизованные туфы и др. [4]. Обращает внимание почти полное отсутствие кремневых орудий, т.к. в регионе нет верхнемеловых кремний содержащих отложений. Схожие орудия обнаружены в культурном слое стоянки Эчки-1. В районе Карадагского заповедника, в юго-западной части на вершине Лобового хребта на высоте 105-110 м в рыхлой песчано-глинистой толще встречаются каменные орудия олдованского типа на окатанных гальках уплощенной формы и обломках изверженных пород андезито-базальтового состава. Преобладание уплощенной формы галек и орудий свидетельствует о прибрежно-морском (пляжевом) генезисе. Артефакты представлены типичными олдованскими орудиями: чопперами, билл-хуками, остроконечниками, пикам, проколками и др.. сходными с орудиями других местонахождений в отложениях VIII террасы, в т.ч. Кок-Коз, Эчки-1 и др. Артефакты из VIII Манджильской террасы характерны для развитого олдована, схожи с находками из стоянок Байраки на Днестре [3], Таманского полуострова [9], и Дагестана [1].

Древние обитатели – носители олдованской культуры – заселяли прибрежную зону Гурийского солоновато-водного бассейна. Климат этого времени был теплым и относительно влажным, близким к субтропическому. периодах относительной засушливости свидетельствует аутигенных карбонатных образований, выносимых из древних почв в бассейн седиментации, в изобилии присутствующих в погребенных почвах и породах террасовых разрезов. Крымские горы тогда здесь были ниже на 100-200 м (современная высота VIII и XII террас) и не превышали 400-500 м абс. Олдованцы бродили в поисках пищи по галечному морскому пляжу и по песчано-алевритовому пляжу палеолагуны, отделенной от моря галечной косой. где они охотились на млекопитающих таманского комплекса мелких и средних размеров: например, лошадей типа зебр. Обработка скребками костей гиппариона описана на стоянке Мухкай-2 в Дагестане [1]. Дополнительным источником питания могло быть специфическое прибрежное собирательство морских и пресноводных моллюсков [10], а также крупных раковин наземных улиток Helix. Что касается хозяйственной деятельности, то наличие среди орудий билл-хуков и проколок позволяет предположить здесь обработку шкур для изготовления одежды и жилищ, аналогично олдованской стоянке Байраки в долине Днестра [8]. Первое появление поселений олдованской культуры может свидетельствовать о начале эпохи древнейшего землепользования на юге России и его распространение на запад на остальную территорию Европы. Так что этот регион можно отнести к первичному европейскому ленд-юзу (land-use).

Исследования проведены в соответствии с планами научно-исследовательских работ ГИН РАН 0135-2019-0070 и ИГ РАН 0148-2019-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Амирханов Х.А., Ожерельев Д.В., Успенская О.И. Стоянка Мухкай IIa: экстраординарные находки эпохи олдована // Природа. № 1. 2019. С. 5–14.
- 2. Андрусов Н.И. Террасы окрестностей Судака // Записки Киевского об-ва естествоиспытателей. 1912. Т. 22. Вып. 2.
- 3. Анисюткин Н.К., Коваленко С.И., и др. Байраки новая стоянка раннего палеолита на Нижнем Днестре // Археология, этнография и антропология Евразии. Новосибирск. 1 (49), 2012.
- 4. Карадаг заповедный / Научно-популярные очерки. Симферополь: Н. Оріанда, 2012. 286 с.
- 5. Ренгартен Н.В. Некоторые особенности лиманно-морских отложений антропогенного возраста // Бюлл. Комиссии по изуч. четвертичного периода. 1974. № 41. С. 176.
- 6.Садчикова Т.А. Фациально-минералогический анализ понтических отложений среднего течения р. Когильник Черноморского бассейна // Литол. и полезн. ископаемые. 1981. № 1. С.135–143.
- 7. Садчикова Т.А., Чепалыга А.Л. Источники терригенного материала разреза Эчки-Даг (эоплейстоцен Крыма) в связи с изменением уровня Гурийского бассейна // Материалы X Всероссийского совещ. по изучению четвертичного периода. Москва: ГЕОС, 2017. С. 358–359.
- 8. Чепалыга А.Л. Новая концепция Черноморских террас юго-восточного Крыма // Бюлл. Комиссии по изуч. четвертичного периода. 2015. № 74. С. 90–104.
- 9. Щелинский В.Е. Эоплейстоценовая раннепалеолитическая стоянка Родники 1 в Западном Предкавказье. СПб.: ИИМК РАН, ООО «Периферия», 2014.
- 10. Щелинский В.Е. Об охоте на крупных млекопитающих и использовании водных пищевых ресурсов в раннем палеолите (по материалам раннеашельских стоянок Южного Приазовья) // Краткие сообщения института археологии РАН. Вып. 254. 2019. С. 34–56.

Multi-layer oldovan sites Kok-Koz, Echki-1, Lobovoy ridge of Karadag, representing the VIII Manjil terrace, are located on the southeast of the Crimea between Sudak and Karadag (late Eopleistocene). The lithological and geochemical features of sediments are characteristic of the lagoon-marine facies (Gurian saltish-water basin). Cultural layers are confined to beach pebbles, and are represented by a variety of peaks, choppers, scrapers, knives, etc.

Чеховская М.П., Новичкова Е.А., Кравчишина М.Д., Тихонова А.В.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: mjach47@mail.ru)

Палеоокеанологические изменения в глубоководной части Лофотенского бассейна в послеледниковое время Chehovskaia M.P., Novichkova E.A., Kravchishina M.D., Tihonova A.B.

(Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Paleoceanological changes in the Lofoten basin in the postglacial period

Ключевые слова: фораминиферы, субколлоидный материал, максимум последнего оледениения, Лофотенская котловина

Изучена колонка АМК5188 из южной части Лофотенской котловины. Получены данные по содержанию и составу планктонных и бентосных фораминифер, количеству зерен ледового разноса. Реконструированы палеоокеанологические изменения на рубеже позднего ледниковья — раннего голоцена, предварительно изучены возможные источники поступления тонкозернистого материала в период раннего голоцена в центральную часть Норвежско-Гренландского бассейна.

В настоящее время наибольший интерес для исследователей представляют процессы изменения осадконакопления в Северной Атлантике в период перехода от максимума последнего оледенения к голоцену за последние 30 тыс. кал. лет. В основном эти исследования сосредоточены в районе восточной части Норвежского моря [1, 2], архипелага Шпицберген [3, 4], пролива Фрама [5] и Баренцева моря [6, 7]. Центральная часть Норвежско-Гренландского бассейна, в том числе пелагическая область Лофотенской котловины, является менее изученными [8, 9]. Наиболее полно информация об эволюции данного региона за последние 20 тыс. кал. лет изложена в работе Телисински и др. [9], в которой подробно исследована колонка М17730-4 (глубина 2749 м) из северной части Лофотенской котловины.

Настоящее исследование включает в себя данные по литологии осадков и составу фораминифер, изученных в колонке АМК5188 (69° 02.67' с.ш., 02° 06.59'в.д., глубина моря 3206 м), отобранной в 62-мрейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в южной части Лофотенской котловины в 2016 году. Возрастная модель колонки построена путем интерполяции данных ускорительной масс-спектрометрии (10 проб) и соотношения стабильных изотопов раковин планктонных фораминифер (ПФ) Neogloboquadrina pachyderma sin. Максимальный возраст осадков, вскрытых колонкой, составил порядка 190 тыс. лет.

Основной задачей нашего исследования являлось изучение части осадочного разреза, относящейся к периоду последнего максимума оледенения — голоцену с целью восстановления палеообстановок осадконакопления в глубоководной части Лофотенской котловины. Осадки данного этапа, охватывающего около 28.9 тыс. кал. лет, в колонке представлены в основном пелитовым илом (0–110 см), на глубинах 46–66 см обводненным до полужидкой консистенции. Доля субколлоидной фракции (< 1 мкм) составляет около 70% от состава осадка, увеличиваясь до 85% на обводненных участках. Содержание карбоната кальция в верхней части колонки (до 110 см) составляет 7–16 %.

Для нижней части исследуемого фрагмента разреза (110—106 см; ~26 тыс. кал. л.н.) отмечено низкое содержание зерен ледового разноса (до 100 зерен/г; IRD — ice rafted debris) во фракции >0.25 мм, в то время как для периода 26—24 тыс. кал. лет. количество IRD резко возросло до 300-700 зерен/г и оставалось высоким до 19—18 тыс. кал. лет. Интенсивный поток фрагментов пород, переносимых айсбергами, в это время вероятно свидетельствует о том, что край ледового щита в районе Норвежско-Гренландского бассейна оставался достаточно активным. Наши сведения по увеличению содержания IRD в осадках аналогичны данным, полученным для колонки PS1243 в районе архипелага Ян-Майен [8].

После 18.5 тыс. кал. л.н. содержание IRD уменьшается до 150 зерен/г, некоторое их увеличение (до 200 зерен/г) заметно в осадках времени 16.5-14.5 тыс. кал. лет.

В разрезе ст. АМК5188 обращает на себя внимание слой пелита (46—66 см) с повышенной долей фракции (< 1 мкм). Условия его образования отражают два одновременных процесса: интенсивное поступление субколлоидного материала и усиленный процесс растворения карбонатного материала. Полученные близкие датировки слоя 45—46 см (8.5 тыс. кал. лет и слоя 36—37 см (8.4 тыс. кал. лет) в этих осадках вызывают вопросы. В этот период времени возможно реконструировать лавинное накопление мелкого материала. Для данной части осадочного разреза возможно одновременное вымывание и перемещение этого суспензионного полужидкого расплывающегося материала. Интенсивное растворение карбонатов возможно было связано с большим потоком органического вещества на дно Лофотенской котловины в начале голоцена. Сходные характеристики одновозрастных осадков раннего голоцена описаны в разрезе ст. М17730-4 северной части Лофотенского бассейна с глубины 2749 м [9].

Телисински с соавторами [9] высказали предположение, что огромное количество мелкого материала могло разноситься в течение финальной стадии разрушения близлежащего Скандинавского ледового щита. Ледовый разнос на данном этапе в основном прекратился, т.к. край ледника отступил

от береговой линии, в то время как континентальный сток мог способствовать выносу значительного количества суспензионного материала [10]. Распад края ледника в Ботническом заливе совпадает со временем интенсивного потока в зоне близкой к современной береговой линии около 10 тыс. кал. л.н. [11]. Окончательное отступление Финно-скандинавского ледового щита активизировало поступление осадочного материала, мелкая фракция которого опускалась с континентального склона в глубоководные части Лофотенского бассейна, где в это время накапливались эти тонкие осадки [90].

По результатам исследования $\Pi\Phi$ выявлено, что состав их ассоциаций оставался постоянным в осадках последнего ледниковья — начала голоцена. На интервале 28.9—10.4 тыс. кал. ле (110—70 см) отмечены высокие концентрации $\Pi\Phi$ от 2000 до 12000 экз./г, в то время как содержание бентосных фораминифер (Φ) составило единицы процентов при отсутствии растворения. Φ ауна на 80—97% представлена холодноводным полярным видом Φ ледстурный вид Turdjrotalia quinqueloba и единичные раковины Φ ледстурный вид Turdjrotalia quinqueloba и единичные раковины Φ ледонуderma dex. Постоянное присутствие вида Φ диничные раковины Φ ледонуderma отсутствие летом льда в центре Норвежско-Гренландского бассейна. В течение лета поверхностные температуры были холоднее только на северо-западе бассейна, все еще покрытого слоем многолетнего морского льда, в то время как в центральной и на восточной части реконструируются свободные ото льда условия [12, 13].

В районе ст. АМК5188 около 10.42 тыс. кал. л.н. (70 см) нами отмечены не только резкие изменения характера осадков, но и состава фауны планктонных фораминифер. Часть колонки с повышенной долей субколлоидной фракции осадка (10.4-8.5 тыс. кал. лет; 70-45 см) отличает высокая составляющая БФ (около 60-80%), низкая численность ПФ (от 10 до 200 экз./г или 20-40% от состава ассоциации), а также повышенное содержание обломков раковин фораминифер, отражающее интенсивное растворение карбонатного материала. Несмотря на сильное растворение и, как следствие, возможное искажения комплекса, прослеживается заметное увеличение содержания субполярного мелкого вида T. quinqueloba, постоянное присутствие N. pachyderma (dex) и Globigerina bulloides, появление Globorotalia inflata, которые являются индикаторами Атлантических вод. Данный состав ассоциации ПФ свидетельствует об усилении влияния теплого северо-атлантического течения и увеличении температуры поверхностных вод в раннем голоцене после 10.42 тыс. кал. лет.

После 8.5 тыс. кал. лет (46 см) на порядок увеличивается численность $\Pi\Phi$ (до 60 тыс. экз/г) и резко сокращается составляющая бентосных форм. Наиболее тепловодная ассоциация характерна для осадков периода около 9–6 тыс. кал. лет (53–23 см). Содержание T. quinqueloba для данного периода

составляет 30–60%, *G. bulloides* более 20%, также присутствуют постоянно в заметном количестве *G. inflata* и *Globigerinita glutinata*.

После 6.0 тыс. кал. лет (23–0 см) постепенно увеличивается содержание N. pachyderma (sin), достигая от 50 до 70% в период времени около 1.9–3.6 тыс. кал. л., в составе ассоциаций остается много T. quinqueloba (до 30–40%), постепенно сокращается доля G. bulloides до 2–5% и встречены лишь единичные экземпляры G. inflata. и комплекс $\Pi\Phi$ становится холодноводным.

Таким образом, в начале раннего голоцена в южной части Лофотенской котловины в районе ст. АМК5188 около 10.4 тыс. кал. л.н. произошли значительные изменения условий осадкообразования, началось интенсивное накопление тонкого материала, а также одновременно усилилось влияние северо-атлантического течения.

Авторы признательны академику А.П. Лисицыну, А.Г. Матулю и всем, кто помогал в проведении исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ № 14-50-00095. Обработка материала частично проведена в рамках Государственного задания, тема № 0149-2019-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Hald M., Andersson C., Ebbesen H. et al. Variations in temperature and extent of Atlantic water in the northern North Atlantic during the Holocene // Quat. Sci. Rev. 2007. V. 26. P. 3423–3440.
- 2. Risebrobakken B., Dokken T.M., Smedsrud L.H. et al. Early Holocene temperature variability in the Nordic Seas: the role of oceanic heat advection versus changes in orbital forcing // Paleoceanography. 2011. V. 26. P. 1–17.
- 3. Rasmussen T.L., Thomsen E., Slubowska M.A., et al. Paleoceanographic evolution of the SW Svalbard margin (76°N) since 20,000 ¹⁴C yr BP. // Quat. Res. 2007. V. 67. P. 100–114.
- 4. Rasmussen T.L., Thomsen E., Skirbekk K. et al. Spatial and temporal distribution of Holocene temperature maxima in the northern Nordic seas: interplay of Atlantic-, Arctic- and polar water masses // Quaternary Science Reviews. 2014. V. 92. P. 280–291.
- 5. Müller J., Werner K., Stein R. et al. Holocene cooling culminates in sea ice oscillations in Fram Strait // Quat. Sci. Rev. 2012. V. 47. P. 1–14.
- 6. Иванова Е.В., Мурдмаа И.О., Емельянов Е.М. и др. Послеледниковые палеоокеанологические условия в Баренцевом и Балтийских морях // Океанология. 2016. Т. 56. № 1. С. 125–138.
- 7. Risebrobakken B., Berben S.M. Early Holocene Establishment of the Barents Sea Arctic Front // Frontiers in Earth Science. 2018. V. 6. № 166. P. 1–14.
- 8. Bauch H.A., Erlenkeuser H., Spielhagen R.F. et al. A multiproxy reconstruction

- of the evolution of deep and surface waters in the subarctic Nordic seas over the last 30,000 yr. // Quat. Sci.Rev. 2001. V. 20. P. 659–678.
- 9. Telesinski M.M., Bauch H.A., Spielhagen R.F., Kandiano E.S. Evolution of the central Nordic Seas over the last 20 thousand years // Quaternary Science Reviews. 2015. V. 121. P. 98–109.
- Mangerud J. Ice sheet limits on Norway and the Norwegian continental shelf // Quaternary Glaciations: Extent and Chronology. V. 1. / Ehlers, J., Gibbard, P.L. (Eds.). Elsevier, Oxford, 2004. P. 271–294.
- 11. Patton H., Hubbard A., Andreassen K., et al. Deglaciation of the Eurasian ice sheet complex // Quaternary Science Reviews. 2017. V. 169. P. 148–172.
- 12. Sarnthein M., van Kreveld S., Erlenkeuser H. et al. Centennial-to-millennial-scale periodicities of Holocene climate and sediment injections off the western Barents shelf, 75°N // Boreas. 2003. V. 32. P. 447–461.
- 13. Pflaumann U., Sarnthein M., Chapman M.R., et al. Glacial North Atlantic: sea-surface conditions reconstructed by GLAMAP 2000 // Paleoceanography. 2003. V. 18. № 1065. P. 1–21.

The AMK5188 core from the southern part of the Lofoten Basin has been studied. Data on the content and composition of plankton and benthic foraminifera and the IRD were obtained. The paleooceanological changes at the Last Glacier maximum – Early Holocene boundary were reconstructed, and possible sources of fine-grained material during the Early Holocene period to the central part of the Norwegian-Greenland basin were preliminary studied.

Чечко В.А., Топчая В.Ю.

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: <u>che-chko@mail.</u> ru)

Литология донных осадков и эволюция обстановок осадконакопления Вислинскго залива Балтийского моря в позднеголоценовое время

Chechko V.A., Topchaya V.Yu.

(Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Lithology of bottom sediments and evolution of sedimentation environments of the Vistula Lagoon of the Baltic Sea in the late Holocene

Ключевые слова: донные осадки, литологические колонки, осадконакопление, Вислинский залив, гранулометрический состав

Представлены результаты изучения литологических колонок и поверхностного слоя донных отложений Вислинского залива. Выявлены основные литологические типы донных осадков и особенности их пространственного распределения. В колонках выделены три характерных слоя. Верхний (современные осадки) слой представлен сильно обводненными, темно-серыми алевритовыми отложениями. Ниже отчетливо идентифицируется второй слой — ракушечный горизонт, который подстилается третьим слоем, состоящим из гомогенных, зелено-серых (оливковых), обогащенных органикой илов.

Современные донные осадки Вислинского залива являются результатом процесса седиментогенеза, имеющего место в заливе в настоящее время. В генетическом отношении в заливе распространены исключительно терригенные обломочные осадки разной крупности – от грубого гравийногалечного материала с валунами до тонких алевритово-пелитовых илов. Содержание СаCO_3 составляет в песках около 1%, крупных алевритах 1–2,6%, мелкоалевритовых илах – 6–7%, что несколько выше средних значений для осадков Гданьского бассейна. Содержание органического углерода минимальное (0,5%) в хорошо сортированных песках, максимальное (> 10%) – в алевритово-пелитовых илах юго-западной части залива; наиболее распространенные в заливе мелкоалевритовые илы содержат обычно 2,5–4,5% органического углерода [1, 2].

В пределах российской части залива выделены следующие гранулометрические типы осадков: валунно-галечные, пески, крупные алевриты, мелкоалевритовые илы и алевритово-пелитовые илы. Наиболее распространенным типом современных донных осадков являются мелкоалевритовые илы, занимающие около 40% площади дна залива. Характерными для донных отложений являются прослои ракушняков,

залегающие на глубине 5–15 см, которые, вероятно, сформировались при изменении гидрологических условий залива около 100 лет назад.

В распределении гранулометрических типов донных осадков по территории залива обнаруживается характерный для подобных водоемов тип зональности — в прибрежной полосе развиты сортированные пески, в составе которых практически полностью отсутствуют тонкие частицы. Мористее располагается зона крупноалевритового материала, в глубоководных, защищенных от волнения частях водоема основная составляющая донных осадков — мелкоалевритовый материал.

О вертикальном строении осадочной толщи можно судить по колонкам донных осадков, отобранным в различных местах залива. Не смотря на некоторые различия, обусловленные местом отбора, по комплексу литологических данных в вертикальном строении иловой осадочной толщи можно выделить три характерных слоя, соответствующих различным обстановкам осадконакопления. Верхний слой представлен темно-серыми обводненными илами, ниже его располагается ракушечным слой, который подстилается слоем гомогенных оливковых, более плотных илов.

Толщина верхнего (I) горизонта варьирует от 15 см до 80 см. По содержанию (от 46 до 50 %) преобладающей фракции 0,1–0,05 мм, в нем распространены крупноалевритовые образования с большой долей (36–38%) мелкоалевритовых частиц. Во влажном состоянии они представляют сильно обводненные (естественная влажность колеблется в диапазоне 80-110%) творожистые осадки темно-серых оттенков, имеющих жидкую и текуче-жидкую консистенцию. Содержание органического углерода ($C_{\rm opr}$) в отложениях верхнего слоя меняется в диапазоне 0.72–2.13%, составляя, в среднем, 1,12%. В таких илах присутствуют многочисленные полихеты, олигохеты, брюхоногие моллюски, остракоды и иной бентос, а также практически повсеместно — новый вселенец в Балтийское море — моллюск *Rangia cuneata* [3].

Средний (II) слой представлен скоплением в осадочных отложениях скелетных останков пресноводных моллюсков, в связи с чем мы сочли возможным его идентифицировать как «ракушечный слой — слой ракушняка». Его мощность изменчива, и колеблется от 2 до 20 см. Он состоит, преимущественно, из скоплений обломков и целых раковин пластинчатожаберного пресноводного моллюска Dreissena polymorha, скелетных останков раковин гастропод Bithynia tentaculata, Bithynia leachi, Valvata piscinalis [4].

Нижний (III) горизонт сложен гомогенными темно-серо-оливковыми и темно-оливковыми, более плотными илами. По содержанию (50–69%) преобладающей фракции 0,05–0,01 мм, в нижнем горизонте развиты мелкоалевритовые илы с примесями крупноалевритовых (13–30%) и пелитовых (8–16%) частиц [5]. Они отличаются более высокими значениями $C_{\rm opr}$ и потерь при прокаливании, которые в нижней части горизонта достигают,

соответственно, 3.96% и 18%. Характерным для этого горизонта являются вкрапления и пятна (около 1.5 см в диаметре) вивианита, отмеченные в колонках на горизонтах 110–130 см.

Таким образом, строение осадочной толщи с отчетливо выделяемыми литолого-стратиграфическими единицами свидетельствует, что ее формирование происходило в несколько этапов, в соответствии с изменением местных обстановок осадконакопления.

Верхний (I) слой осадков сформирован под влиянием процессов осадконакопления современного (под термином «современное осадконакопление» осадков. МЫ понимаем процесс накопления протекающий в заливе в последние 100 лет). Образование ракушечного (II) горизонта связано, вероятно, с изменением гидрологического режима залива в 1916 г. после постройки водорегулирующих сооружений, в результате чего речной сток уменьшился в сотни раз, а последовавшее увеличение солености вод повлекло за собой массовую гибель пресноводных моллюсков и образование характерного танатоценоза в виде горизонта ракушняка. Нижний (III) горизонт гомогенных, более уплотненных зеленых лагунных илов, сформирован до ограничения речного стока в залив, в обстановке доминирования речного влияния на процессы седиментации.

Экспедиционные исследования выполнялись при поддержке гранта $P\Phi\Phi H$ $p_a N 19-45-390013$, анализ и интерпретация данных выполнялись в рамках госзадания ИО РАН (тема N 0149-2019-0013).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Блажчишин А.И. Геоэкология Вислинской лагуны // Проблемы физической и экономической географии Калининградского региона. Сб. науч. тр. Калининград, 1995. С. 38–46.
- 2. Chechko V.A., Blazchishin A. I. Bottom deposits of the Vistula Lagoon of the Baltic Sea // Baltica. 2002. V. 15. P. 13–22.
- 3. Рудинская, Л.В., Гусев А.А. Вселение Североамериканского двустворчатого моллюска Rangia cuneata в Вислинский залив Балтийского моря // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2012. № 2. С. 115–127.
- 4. Blazchishin A. I. Zur Geoekologie des Kurischen und des Frischen Haffs // Schriftenr. f. Geowiss. Berlin. 1998. V. 7. P. 39–57.
- 5. Чечко В.А., Чубаренко Б.В., Топчая В. Ю. Влияние природных и антропогенных факторов на формирование осадочной толщи Калининградского залива Балтийского моря // Известия КГТУ. Калининград: Издательство КГТУ, 2018. № 48. С. 47–58.

The results of the study of lithological columns and the surface layer of bottom sediments of the Vistula Lagoon are presented. The main lithological types of bottom sediments and features of their spatial distribution are found. Three characteristic layers were identified. The upper (I) layer contains strongly watered dark gray sediments. Below, typically, there was a shell-layer (II) underlained by a layer (III) from homogeneous green-gray (olive) silt enriched with organics.

Шайхутдинова К.В.¹, Стародымова Д.П.²,

Кравчишина М.Д.2

(¹Московский государственный университет им. Ломоносова, г. Москва; ²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва)

Литогеохимические особенности донных отложений хребта Мона (субполярная Атлантика)

Shaykhutdinova K.V.¹, Starodymova D.P.², Kravchishina M.D.² (¹Lomonosov Moscow State University, Moscow; ²Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow)

Lithogeochemical features of Mohns Ridge bottom sediments (sub-polar Atlantic)

Ключевые слова: донные отложения, элементный состав, геохимические индикаторы, редкоземельные элементы, хребет Мона, Атлантика

В донных отложениях хребта Мона (Северная Атлантики) изучалось распределение микроэлементов по глубине колонки. Изучение элементного состава осадка позволил оценить изменчивость гранулометрического состава осадка, палеопродуктивности и окислительно-восстановительных условий, которые является важным параметром окружающей среды прошлого. По содержанию РЗЭ донные осадки близки к составу сланцев. Для получения количественных оценок требуются дальнейшие исследования.

Изучение элементного состава донных отложений дополняет данные питологических и палеонтологических исследований при реконструкции условий окружающей среды прошлого. В настоящее время разработаны разнообразные геохимические индикаторы (ргоху), позволяющие определять гидрологические, климатические условия, окислительно-восстановительную обстановку и др. [1, 2].

Хребет Мона входит в систему низкоспрединговых хребтов субполярной Атлантики и Арктики, которая является естественным продолжением Срединно-Атлантического хребта, образуя дивергентную границу между Евразийской литосферной плитой и Североамериканской. Расположение крупных центров оледенения вблизи хребта Мона (Гренландия, Исландия, Шпицберген) дает основания для предположения о вероятном терригенном источнике в периоды оледенений — ледовый разнос [3]. Преобладающими источниками осадочного вещества во время межледниковья является биогенный материал.

В данной работе была исследована колонка 5536 донных отложений длиной 423 см, которая была отобрана в ходе 68-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» летом 2017 г. с помощью ударной грунтовой трубки большого диаметра (ТБД) в рифтовой долине на севере хребта Мона (рис.

1). Донные осадки представляют собой терригенно-карбонатный ил с прослоями и линзами песка и алеврита.

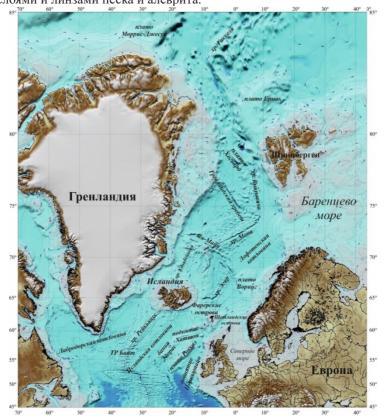


Рисунок 1. Карта района исследований и прилегающих районов и расположение точки пробоотбора

Отбор образцов на анализ проводился через каждые 10 см. Для определения микроэлементного состава навеску высушенного и растертого образца смешивали с содой и спекали в муфельной печи при Т 800°С, после чего образцы были растворены в смеси концентрированных кислот (соляная, азотная, плавиковая), полученный раствор был разбавлен в 100 раз. Для оценки полноты разложения применялся стандарт донного осадка МОDAS-2. Анализ выполнялся методом масс-спектрометрии с индуктивносвязанной плазмой на приборе Agilent 7500а. Дрейф прибора учитывался с помощью индиевого внутреннего стандарта. В пробах были определены концентрации 37 элементов.

Результаты элементного анализа показали, что многие из изученных элементов демонстрируют значимые корреляции друг с другом, а их содержания меняются по глубине синхронно. В практике применения ргоху широко распространена нормализация содержания элемента на алюминий, который служит индикатором литогенного вещества [2]. Поскольку в данном исследовании не проводились измерения содержания алюминия в осадке, в качестве индикатора литогенного вещества был использован скандий.

Индикатором гранулометрического состава осадка могут служить отношение Ti/Sc и Zr/Sc, поскольку основные минералы-носители титана и циркония устойчивы к выветриванию и существенно обогащают грубозернистую фракцию [2]. Распределение этих индикаторов по колонке (рис. 2) неравномерно, выделяются несколько одновременных пиков значений этих двух параметров (горизонты 70–71, 140–150, 170–180). Сдвиг гранулометрического состава осадка в сторону более грубых зерен может означать придонных течений или повышение доли материала ладового разноса.

Ранее было показано, что отношение Ca/Al в изучаемых осадках является индикатором продуктивности [2], поскольку кальций отображает содержание карбонатов, которые в данном районе в основном биогенные. Содержание Sr и Sr/Sc отношение также может отображать присутствие биогенных карбонатов, а значит, может служить индикатором палеопродуктивности. Надо отметить, содержание Sr в биогенных карбонатах в значительной мере контролируется температурой окружающей среды [4].

Ранее было показано, что Cd в морской воде ассоциирует с биогенным веществом [5]. Несмотря на то, что этот элемент является высоко-токсичным, в океанской воде он ведет себя как биогенный элемент и поглощается планктоном [6]. Вертикальное распределение отношений Sr/Sc и Cd/Sc имеет много общего (рис. 2), что позволяет выделить горизонты повышения продуктивности. О повышении продуктивности можно судить для горизонтов 0–1, 220–230, 380–381 см, что возможно соответствует периодам межледниковья. В то время как отложения горизонтов 150–151, 330–340 и 400–410 см характеризуются снижением продуктивности, что могло быть вызвано оледенением.

Спектр редкоземельных элементов (РЗЭ), нормализованных на состав североамериканского сланца NASC [7], характеризуется обогащением легкими РЗЭ (ЛРЗЭ) относительно сланца. Это связано с тем, что при выветривании ЛРЗЭ легче мигрируют в растворах и осаждаются вместе с глинистой фракцией, тогда как тяжелые РЗЭ задерживаются в исходных породах [8]. Цериевая аномалия была вычислена по формуле:

$$Ce_{an} = Ce_n \times 2 / (La_n + Pr_n),$$

где E_{n} — нормализованное содержание церия, лантана и празеодима

соответственно. Донные отложения характеризуются слабовыраженной отрицательной цериевой аномалией. Значения Ce_{an} меняются от 0,89 до 0,96. Возрастание величины Ce_{an} может означать окислительные условия [8].

В колонке донных осадков выделяются два горизонта (70–71 и 170–180 см) (рис. 2), для которых характерно одновременное возрастание индикаторов гранулометрического состава, продуктивности и величины $\mathrm{Ce}_{\mathrm{an}}$. Это можно интерпретировать как одновременное возрастание скоростей течений, продуктивности и содержания кислорода в толще воды, что, в свою очередь, может означать усиление циркуляции водных масс.

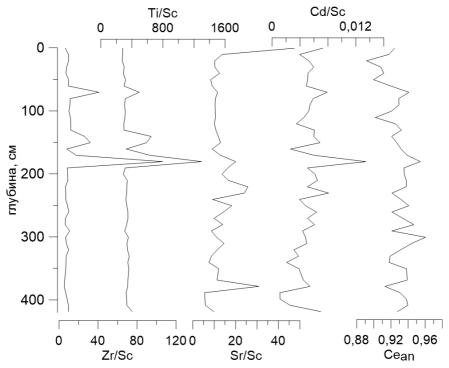


Рисунок 2.Вертикальное распределение величин Zr/Sc, Ti/Sc, Sr/Sc, Cd/Sc и $Ce_{_{2D}}$ в колонке донных осадков

Для получения более точных количественных оценок необходимо провести сопоставление результатов химического анализа донных осадков с палеонтологическими и изотопными данными..

Авторы благодарят академика А.П. Лисицына, Я.В. Бычкову (МГУ) за содействие в проведении анализов, а также Д.В. Ерошенко, С.М. Исаченко и Г.В. Малафеева (ИО РАН) за помощь при отборе колонки.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-05-00787). Исследования проведены в рамках государственного задания, тема по. 0149-2019-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие / Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
- Calvert S.E., Pedersen T.F. Elemental Proxies for Palaeoclimatic and Palaeoceanographic Variability in Marine Sediments: Interpretation and Application / In Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography (C. Hillaire– Marcel, A. De Vernal – eds). Developments in Marine Geology. V. 1. Amsterdam: Elsevier, 2007. P. 567–644.
- 3. Лисицын А.П. Ледовая седиментация в мировом океане. М.: Наука, 1994. 450 с.
- 4. Wien K., Koelling M., Schulz H.D. Close correlation between Sr/Ca ratios in bulk sediments from the southern Cape Basin and the SPECMAP record // Geo-Marine letters. 2005. V. 25. № 4. P. 265–271.
- 5. Middag R., van Heuven S.M.A.C, Bruland K..W., de Baar H.J.W. The relation between cadmium and phosphate in the Atlanic Ocean unraveled // Earth and Planetary Science Letters. 2018. V. 492. P. 79–88.
- 6. Twining B.S., Rauschenberg, Morton P.L., Vogt S. Metal contents of phytoplankton and labile particulate material in the North Atlanic Ocean // Progress in Oceanology. 2015. V. 137 A. P. 261–283.
- 7. Gromet L.P., Dymek R.F., Haskin L.A., Korotev R.L. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics // Geochim. and cosmochim. acta. 1994. V. 48. № 12. P. 2469–2482.
- 8. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. М.: Наука, 2006. 360 с.

In the bottom sediments of the Mohn Ridge (North Atlantic), the distribution of trace elements along the depth of the column was studied. The study of the elemental composition of the sediments allows us to assess the variability of the granulometric composition of the srdiments, paleoproductivity, and redox conditions, which are an important environmental parameter of the past. In terms of REE content, bottom sediments are close to the composition of shales. Further research is required to obtain quantitative estimates.

Щепетова Е.В.¹, Рогов М.А.¹, Ипполитов А.П.¹, Сельцер В.Б.², Мироненко А.А.¹, Покровский Б.Г.¹, Bhawanisingh G. Desai³

(¹Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: shchepetova@ginras.ru; ²Саратовский государственный университет, г. Саратов; ³Pandit Deendayal Petroleum University, Gandhinagar, India)

Аптский аноксидный бассейн Русской плиты: обстановки седиментации, сообщества головоногих моллюсков, изотопия углерода и кислорода как отражение влияния флювиально-дельтовых процессов Shchepetova E.V.¹, Rogov M.A.¹, Ippolitov A.P.¹, Seltser V.B.², Mironenko A.A.¹, Pokrovsky B.G.¹, Bhawanisingh G. Desai³ (¹Geological Institute RAS, Moscow; ²Saratov State University, Saratov; ³Pandit Deendayal Petroleum University, Gandhinagar, India)

Aptian anoxic basin of the Russian Plate: depositional settings, evolution of cephalopod communities and carbon-oxygen isotopy as a response to distal fluvial input

Ключевые слова: ранний апт, Русская плита, ОАЕ-1а, обстановки седиментации, продельта, аноксия, аммониты, белемниты, изотопия углерода и кислорода.

В результате изучения аптских отложений в центральной части Европейской России получены новые данные, позволяющие уточнить биостратиграфическое расчленение разрезов по аммонитам, сформировать представительный фациальный профиль и изучить особенности проявления аноксии в направлении от центральной впадины к периферическим мелководным зонам палеоводоема. Впервые проанализированы перестройки в сообществах цефалопод в момент начала аноксического события ОАЕ-1а. Построена кривая изменений изотопного состава углерода в карбонатном веществе раковин аммонитов, отобранных из битуминозных и вмещающих глинистых отложений, накапливавшихся в течение ОАЕ-1а, которая была сопоставлена с глобальной кривой для этого события. Изотопный состав кислорода в тех же образцах, наряду с седиментологическими и биотическими признаками, позволяет предполагать опреснение вод в аптском морском бассейне. Вероятность значимого притока пресных вод, при относительно небольшой площади морской акватории (по сравнению со склонными к аноксии позднеюрскими водоемами), должна учитываться при создании модели развития аноксии в раннеаптском бассейне Русской плиты.

Аптский морской палеоводоем Русской плиты (РП) является одним из двух известных в настоящее время раннемеловых эпиконтинентальных бассейнов, в которых развитие аноксии происходило с наиболее полным и типичным проявлением ее признаков, и по времени совпало с аноксидными

событиями, синхронно проявившимися в разных океанических бассейнах (ОАЕ-1а). Аптский водоем существовал в палеогеографических условиях, не вполне благоприятных для известковых микроорганизмов (фораминифер, известкового наннопланктона), которые могли бы быть использованы для корреляции с океанскими событиями. Характерным является также исчезновение белемнитов сем. Oxyteuthididae одновременно с началом отложения толщи аптских битуминозных сланцев (в то время как остатки некоторых бентосных организмов в них иногда встречаются), сходная ситуация с белемнитами наблюдается и в некоторых других разрезах западной Европы [5]. Невысокое (менее 10 % CaCO₂) содержание биогенного карбонатного материала в аптских отложениях РП в целом существенно ограничивает возможности выявления в них изотопной аномалии, состоящей из последовательности экскурсов определенной направленности [8], тесно связанной с ОАЕ-1а и установленной в большинстве раннеаптских разрезов Мира. Учитывая существующие проблемы корреляции аммонитовых шкал для среднемелового времени, сохраняющиеся вследствие различных подходов к определению и систематике аптских аммонитов, связь аптского аноксидного бассейна РП с глобальным ОАЕ-1а до сих пор остается предполагаемой, но не подтвержденной.

В результате многолетнего мониторинга разрезов правого берега р. Волги, изучения постоянных и временных карьеров в центральной и южной частях Европейской России, получены новые данные, позволяющие уточнить биостратиграфическое расчленение разрезов аптских отложений по аммонитам; сформировать представительный фациальный профиль и изучить особенности проявления аноксии в направлении от центральной периферическим мелководным аноксидной впадины [2] к палеоводоема, где происходило ее выклинивание. В данной публикации представлены результаты изучения двух разрезов, характеризующих существенно различные седиментационные и геохимические обстановки. Разрез Балаково-Широкий Буерак расположен в 250 км ниже по течению р. Волги от разрезов в гг. Ульяновск и Сенгилей, характеризующих центральную аноксидную впадину аптского водоема [2]. Разрез Гуселка-2 вскрыт карьером на северной окраине г. Саратова. Аптские битуминозные сланцы в разрезе Балаково-Широкий Буерак сходны с типичными аноксидными литофациями [2], однако для толщи в целом характерны признаки относительной близости к берегу: в нижней ее части сланцы заметно обогащены алевритовым материалом и включают единичные мелкие линзы отсортированного мелкозернистого песка, пронизанные ходами зарывающихся организмов, а раковины аммонитов часто присутствуют в виде скоплений, вероятно, образовавшихся под влиянием течений. В этой части разреза особенно часто встречаются поверхности напластования, сплошь покрытые молодью аммонитов, скопления которых образуют плотные белые карбонатные пленки на поверхностях раскола битуминозных сланцев. При движении вверх по разрезу содержание грубозернистого материала в сланцах уменьшается, и более характерной для них становится тонко-листоватая отдельность. непосредственно подстилающие Отложения, сланцы, представлены массивными биотурбированными глинами с раковинами двустворчатых моллюсков, вблизи контакта со сланцами они содержат линзы светлого песка. В разрезе Гуселка-2 битуминозные сланцы замещаются гетеролитной толщей, образованной чередованием тонких (1-5 см) слоев сланцеватых глинистых пород (С 1,5-2,2 %), отсортированных алевритов и мелкозернистых светлых песков; последние залегают в виде многочисленных выпуклых линзочек, с однонаправленной косой слоистостью (падение косых слойков к в-юв), образованных рябью течения. Осадочные текстуры, характерные пластические деформации в подошве песчаных слоев и признаки оползания, свидетельствующие о быстром отложении относительно крупных порций песка, а также слабая биотурбация практически моновидовым комплексом ихнофоссилий Teichichnus, характеризуют обстановки продельты и/или дистальных частей дельтового фронта [7]. Это предположение согласуется с данными о существовании в аптское время на западе-северо-западе (Курская, Воронежская обл.) аллювиальной равнины [4].

В обоих разрезах установлены резкие изменения комплексов головоногих моллюсков [11]. Наблюдается существенное (в 2–3 раза) уменьшение максимального диаметра раковин аммонитов при переходе от глин к толще битуминозных сланцев и гетеролитной глинисто-песчаной толще, наиболее отчетливо проявленное для аммонитов Deshayesites, и менее контрастно – для Sinzovia, т.е. родов, широко распространенных в нижнеаптских отложениях. Уменьшение размерности аммонитовых раковин могло происходить как в результате повышения температуры океанических вод в результате глобального потепления [9, 12], так и вследствие интенсивного притока пресных вод в морской палеоводоем. Нельзя полностью исключить и влияние глобальной ацидификации океанических вод в это время [6, 10], однако отсутствие выраженных тенденций подобного рода в других эпиконтинентальных бассейнах этого времени скорее свидетельствует в пользу региональных факторов (опреснение).

В хорошо сохранившихся раковинах аммонитов (99–100% арагонита, по рентгенодифрактометрическим данным), отобранных в разрезе Балаково–Широкий Буерак из зоны перехода от глинистых отложений к битуминозным сланцам и включавших 17 экз. *Deshayesites volgensis* Sasonova и 1 экз. *Sinzovia*, были определены δ^{13} С и δ^{18} О. Полученные величины δ^{13} С варьируют от -1,9 до +2.4‰, при этом отрицательные значения установлены в глинах, накапливавшихся до OAE-1a, что характерно для сегментов C1-

C5 глобальной кривой [8]. Значения $\delta^{13}C$ резко возрастают при переходе от глин к битуминозным сланцам, демонстрируя положительный экскурс с максимальными величинами в основании битуминозной толщи. Этот положительный экскурс хорошо согласуется с сегментом С3-С4 глобальной кривой, полученной при измерении планктоногенных карбонатов из океанических разрезов ОАЕ-1а Южной Европы. Однако внутри толщи битуминозных сланцев наблюдается постепенный возврат к отрицательным значениям (-1...-1.4%), что заметно отклоняется от следующего сегмента С4-С5 глобальной кривой, демонстрирующей продолжительный положительный экскурс δ^{13} С в течение всего времени ОАЕ-1а [8]. Вероятно, расхождение указывает на преимущественное влияние локальных факторов (колебаний биопродуктивности и/или солености) на формирование изотопного состава углерода в карбонатном веществе раковин аммонитов. Значения δ¹⁸O, характеризуются крайне низкими отрицательными величинами [11], что не позволяет корректно интерпретировать их в контексте климатических изменений. Сходные отрицательные величины δ^{18} О были ранее установлены в карбонатном веществе раковин аммонитов одного из близких к изученным нами разрезов аптских отложений РП [3], что, с учетом комплекса полученных данных, возможно, является следствием опреснения морских вод в аптском палеобассейне. Впервые предположение об усилении стока пресных вод и возможном опреснении раннеаптского морского бассейна РП было высказано [1] на основании высокого содержания (>50%) в палиноспектрах остатков пресноводных зеленых водорослей. Полученные нами новые данные не противоречат этому предположению. Вероятность притока пресных вод, при относительно небольшой площади морской акватории (по сравнению, например, со склонными к аноксии позднеюрскими водоемами), должна учитываться при создании модели развития аноксии в раннеаптском палеоводоеме Русской плиты.

Работа выполнена в соответствии с темой госзадания № 0135-2019-0070 Геологического института РАН; полевые исследования проводились при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Барабошкин Е.Ю., Смирнова С.Б. Палеогеография и распределение палиноморф в разрезах верхнего готерива–альба Русской плиты // Меловая система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии / Под ред. Б.А.Соколова. Москва: МГУ, 2002. С. 13–14.
- 2. Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Барабошкин Е.Ю., Щербинина Е.А. Аноксический раннемеловой бассейн Русской плиты: седиментология и геохимия // Литология и полез. ископаемые. 2002. № 4. С. 359–380.
- 3. Захаров Ю.Д., Смышляева О.П., Попов А.М., Шигэта Я. Изотопный

- состав позднемезозойских органогенных карбонатов Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 204 с.
- 4. Савко А.Д. Литология аптских отложений междуречья Дон-Ведуга-Девица // Вестн. ВГУ. Сер. геол. 2000. № 9. С. 56–68.
- Bodin S., Meissner P., Janssen N.M. et al. Large igneous provinces and organic carbon burial: Controls on global temperature and continental weathering during the Early Cretaceous // Global Planet. Change. 2015. V. 133. P. 238– 253.
- Garilli V., Rodolfo-Metalpa R., Scuderi D. et al. Physiological advantages of dwarfing in surviving extinctions in high-CO₂ oceans // Nat. Clim. Change. 2015. V. 5. P. 678–682.
- 7. Jorissen E.L., de Leeuw A., van Baak C.G.C. et al. Sedimentary architecture and depositional controls of a Pliocene river-dominated delta in the semi-isolated Dacian Basin, Black Sea // Sediment. Geol. 2018. V. 368. P. 1–23.
- 8. Menegatti A.P., Weissert H., Brown R.S. et al. High-resolution d¹³C stratigraphy through the early Aptian "Livello Selli" of the Alpine Tethys // Paleoceanography. 1998. V. 13(5). P. 530–545.
- 9. Mutterlose J., Malkoc M., Schouten S. et al. TEX⁸⁶ and stable d¹⁸O paleothermometry of early Cretaceous sediments: implications for belemnite ecology and paleotemperature proxy application // Earth Planet. Sci. Lett. 2010. V. 298(3-4). P. 286–298.
- Naafs B.D.A., Castro J.M., De Gea G.A. et al. Gradual and sustained carbon dioxide release during Aptian Oceanic Anoxic Event-1a // Nat. Geosci. 2016. V. 9. P. 135–139.
- 11. Rogov M.A., Shchepetova E.V., Ippolitov A.P. et al. Response of cephalopod communities on abrupt environmental changes during the early Aptian OAE1a in the Middle Russian Sea // Cretac. Res. 2019. V. 96. P. 227–240.
- Zakharov Y.D., Baraboshkin E.Y., Weissert H. et al. Late Barremian-early Aptian climate of the northern middle latitudes: stable isotope evidence from bivalve and cephalopod molluscs of the Russian Platform // Cretac. Res. 2013. V. 44. P. 183–201.

The study of the Aptian deposits in the Central Russia allowed us to improve ammonite biostratigraphy of the sections, to examine lithofacies across the transect from the central depression to shoreface areas to observe anoxia propagation. Cephalopod reactions to palaeoenvironmental stress in the Aptian anoxic basin were analyzed. Isotopic curve δ^{13} C, measured in the ammonite shell aragonite have been constructed and compared to the global OAE-1a curve; the oxygen isotopes composition, was yielded from the same aragonitic material, and its negative values, taking into account with sedimentological and paleoecological data obtained, supported a freshening of the water in the Aptian paleobasin. The probability of fresh-water input to the Aptian paleobasin along with relatively small marine area (compared, for example, to the late Jurassic basins prone to anoxia), should be taken into account when creating a models of anoxia in the Aptian basin of the Russian Platform.

Якимова К.С.^{1,2}, Козина Н.В.¹, Новигатский А.Н.¹

(1 Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, e-mail: <u>karinayakimova@</u> <u>gmail.com;</u> 2 Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва)

Тефра в Северной Атлантике: результаты экспедиционных исследований ИО РАН и перспективы изучения Iakimova K.S.^{1,2}, Kozina N.V.¹, Novigatsky A.N.¹

(¹Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow; ²Lomonosov Moscow state university, Moscow)

Tephra in the North Atlantic: discoveries of field studies by Institute of Oceanology RAS and prospects of investigation

Ключевые слова: тефра, криптотефра, вулканическое стекло, Исландский вулканизм, Ян-Майен

Тефровый материал изучен в донных отложениях Северной Атлантики, Норвежского и Баренцева морей. Прослой тефры в Норвежском море был обнаружен в колонке 5188 рейса АМК-62. По составу вулканических стекол прослой отнесен к Исландской пирокластике. С помощью геохимических и микроскопических исследований тефры в поверхностных отложениях Норвежского и Баренцева морей, определены два источника: Исландия, поставляющая пепел базальт-риолитового состава и Ян-Майен – источник трахибазальт-трахитовых пеплов.

Тефра — интегральный термин, применимый ко всему разнообразию рыхлого вулканического материала разной размерности. Попадая в атмосферный круговорот в ходе эксплозивного извержения, тефра имеет определенный срок пребывания в аэральных условиях, а затем садится на поверхность суши или моря. Самая мелкая и легкая ее разновидность пепел, имеет самый большой потенциал к атмосферному переносу, а значит, может встречаться не только в акваториях вулканических областей, но и в отдаленных участках океана. В морских осадках тефра может слагать как четко выраженные прослои, так и быть рассеянной во вмещающем осадке, а значит, быть совершенно незаметной при первичном, полевом изучении кернового материала. Анализ тефры дает не только генетическую привязку к вулканической системе, но и маркер времени, свободный от резервуарного эффекта. Влияние древних и современных вулканических систем на климат, экологию, седиментогенез очень велико, поэтому идентификация пеплов – ключ к высокоразрешающим реконструкциям палеосреды [1].

В зарубежной литературе тематика тефры в Северной Атлантике весьма хорошо освещена в работах шведских и норвежских ученых: Расмуссена, Вастегарда и других [1-2]. В данных работах приведены не только геохимические характеристики обнаруженных тефровых прослоев, но и

разработана тефрохронологическая схема до МИС-3. В последние годы активно публикуются статьи группы английских ученых из университета Суонси. Эббот и Дэвис, привлекая данные глубоководного бурения, расширяют тефрохронологическую схему до МИС-5е и 6.

Местонахождения тефровых (пепловых) прослоев широко известны на акватории Северной Атлантики от прибрежных мелководий до глубинных частей океана. Однако в отечественной науке данному вопросу уделено не так много внимания. В последние годы усилиями сотрудников Лаборатории физико-геологических исследований и Аналитической лаборатории Института Океанологии РАН изучено распределение тефры в поверхностном слое осадка Норвежского и Баренцева морей, и проанализирован тефровый прослой в колонке донных отложений.

Тефровый материал был получен в ходе экспедиционных исследований ИО РАН на НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2015, 2017 и 2018 гг. (АМК-62, АМК-68, АМК-71) [3-4]. Донные отложения отбирались с помощью дночерпателя, мультикорера и ударной грунтовой трубы большого диаметра. Проба, обычно из сантиметрового интервала, промывалась под струей воды на сите диаметром 50 и 63 мкм и высушивалась. Полученный материал просматривался под бинокулярным микроскопом в отражённом свете, вручную выделалась монофракция вулканического стекла с разделением по цвету и форме агрегатов.

Лаборатория физико-геологических исследований ИО РАН обладает большой коллекцией кернового материала, однако только в одной колонке был обнаружен прослой тефры мощностью 3 см. Данная колонка (5188, N 69°02,667', Е 02°06,595' D 3206 м) была отобрана в Норвежском море в ходе рейса АМК-62. При литологическом описании керна и анализе в судовой лаборатории в интервале 389-391 см был диагностирован тефровый прослой [3], а при микроскопическом изучении было выявлено, что фракция более 50 мкм на 73% состоит из бесцветного вулканического стекла, плоского и серповидного, а в меньших концентрациях фиксируется темное пузырчатое (везикулярное) стекло. Стекла имеют базальт-риолитовый состав и отнесены к Исландским вулканическим комплексам [5-6]. При дальнейшем изучении колонки 5188 в интервале 77-78 см был обнаружен прослой, содержащий криптотефру. Во фракции более 63 мкм ее содержание составляет примерно 20%. 75% тефровой компоненты – это прозрачные, сложенные в «гармошку» стекла, 15% - прозрачные плоские стекла. Данный горизонт датируется 12500 л. BP (Before Present, начало отсчёта возраста для данной датировки необходимо производить от 1950 года). Дальнейшие исследования состава с использованием методов электронно-сканирующей микроскопии и ICP-MS позволит определить источник пирокластики.

По результатам рейса АМК-71 (2018 г) криптотефра была обнаружена в нескольких точках на разрезе $59^{\circ}30$ ', в колонках, отобранных на западном

склоне Исландии, на Фареро-Исландском и Фареро-Шетладском порогах [4]. Так, в точке 5683 (Исландская котловина, N 59°28,859', W 22°007', D 2747 м) в материале промывок преобладает биогенная компонента, и отмечено присутствие темноокрашенных вулканических стекол и темных изометричных, пронизанных порами, агрегатов. Похожие агрегаты кропноалевритовой размерности встречены на всем протяжении колонки 6446, отобранной в рейсе АМК-77 (2019 г). Эта компонента осадка нуждается в дополнительном исследовании, поскольку она может оказаться не пепловым агрегатом, транспортируемым по воздуху, а продуктом разрушения лавовых плато, снесенных в океан флювиальными процессами.

В 2017 году была проведена работа по изучению тефры в поверхностном слое осадков Норвежского моря. Получена сводная карта распределения пепловой компоненты (рисунок), на которой выделены два пика концентрации: станции 5493 и 5535. На станции 5493 (N 29,854°, W 38,306°, D 2600 м), находящейся недалеко от побережья Гренландии вулканические стекла в поверхности осадка имеют двучленный базальт-риолитовый состав, то есть в осадке присутствуют стекла кислые и основные. В Норвежском море на станции 5535 (N 32,987°, W 8,998°, D 2147 м) состав стекол иной: трахибазальт-трахитовый, что позволило отнести этот пирокластический материал к Ян-Майенским вулканическим комплексам.

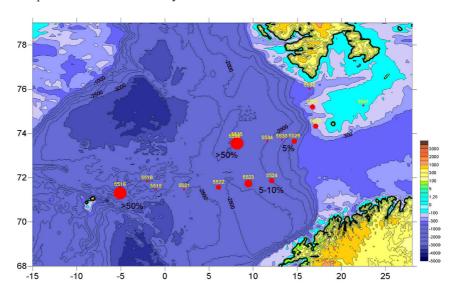


Рисунок. Распределение тефры в поверхностном слое осадка Норвежского и Баренцева морей [4].

Таким образом, имеется большой потенциал к изучению тефры в донных отложениях Северной Атлантики, выявление состава и распространения, а также корреляция с известными континентальными сериями позволят сделать уверенные шаги в области тефрохронологии.

Авторы признательны академику А.П. Лисицыну, М.Д. Кравчишиной, А.А. Клювиткину, и всем, кто помогал в проведении исследований. Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2019-0007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Wastegård S., Rasmussen T.L., Kuijpersc A. et al. Composition and origin of ash zones from Marine Isotope Stages 3 and 2 in the North Atlantic // Quaternary Science Reviews. 2006. 25. P. 2409–2419.
- 2. Abbot P. et al. Re-evaluation and extension of the Marine Isotope Stage 5 tephrostratigraphy of the Faroe Islands Region: The cryptotephra record // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2014. 409. P. 153-168.
- 3. Отчет 62-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш», Москва, 2015.
- 4. Отчет 68-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш», Москва, 2017.
- 5. Ерошенко Д.В., Харин Г.С. Эксплозивные циклы вулканизма Исландского плюма в четвертичное время // Океанология. 2014. Т. 54. №1. С. 73–88.
- 6. Мамочкина А.И., Кравчишина М.Д. Минеральный состав тефры и криптотефры в колонках донных отложений Норвежского и Баренцева моря // Осадочные комплексы Урала и прилегающих регионов и их минерагения: 11 уральское литологическое совещание. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. С. 160–162.

Tephra layers were investigated in marine sediments in the North Atlantic, Norwegian and Barents Seas. Tephra layer founded in core 5188, which was collected in Norwegian Sea during 62th expedition of «Akademik Mstislav Keldysh» research vessel. This layer has basalt-rhyolite composition and was originated from Iceland volcanic province. Moreover, tephra disposition was investigated in surface sediments of Norwegian and Barents seas using microscopic and geochemical methods. There are two genetic sources: Iceland (basalt-rhyolite tephra) and Jan Mayen (trachy-basalt – trachyte tephra).

Pedentchouk N.¹, Belt S.T.², Smik L.², Mock T.³

(¹K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow; ²Biogeochemistry Research Centre, Plymouth, UK; ³School of Environmental Sciences, University of East Anglia, UK)

The effect of light intensity on H-isotope composition of highly branched isoprenoids (HBIs) in marine diatoms: Implications for investigating sea ice dynamics in the past

Key words: sea ice thickness, diatoms, biomarkers, hydrogen isotopes, Arctic, Antarctic

Preliminary data from a culture-growth experiment showed 2 H-enrichement of HBI $C_{25:2}$ at a lower light level. This information was used to interpret the difference in the δ^2 H values of $C_{25:2}$ in the Arctic and Antarctica. The 2 H-enriched values in the Antarctic sites suggest less light and thus a thicker ice/snow pack in comparison with the sampled sites in the Canadian Arctic.

Motivation for the Study. Sea ice is a key component of the Earth's climate system. It affects the exchange of heat, gases and water between the polar oceans and the atmosphere. Even though changes in sea ice extent and thickness in recent decades are well documented [1], understanding processes that control climate in the polar regions back in time and over longer time scales requires proxy-based paleo reconstructions. Several highly branched isoprenoids (HBIs) and related compounds [2-3] have been used previously to investigate changes in sea ice extent in the past [4-5]. However, the potential of these biomarkers – particularly their ²H/¹H composition – to provide information about other parameters of sea ice, such as ice thickness and/or snow cover, have not been explored previously. This novel study focuses on the investigation of ²H/¹H composition of HBIs from the diatom *Pleurosigma intermedium* and the implications of this type of data for interpreting HBI isotope data to investigate sea ice dynamics in the past.

Laboratory Culture and Environmental Samples. This contribution will focus on the investigation of ${}^2H/{}^1H$ composition of HBIs isolated from the diatom *Pleurosigma intermedium* and what this information implies for interpreting stable isotope data from modern environmental samples in the Arctic and Antarctica. As part of this project we:

- analysed sea ice algal and sediment samples from the Canadian Arctic and Antarctica;
- grew the diatom *Pleurosigma intermedium* in the laboratory at two different light intensities (\sim 20 and \sim 160 μ moles m⁻² s⁻¹) keeping other environmental variables (water temperature, salinity, nutrients) the same;
- extracted and analysed culture and environmental samples for the presence of HBIs and then analysed them for hydrogen isotope composition using a gas chromatography isotope ratio mass spectrometer;

 \bullet $\,$ focused on HBI $\rm C_{25:2}$ because this compound was present in both Arctic and Antarctic samples.

Results and Interpretation. Our preliminary data show that:

- the $\delta^2 H$ values of HBI IP₂₅ are approximately 10% $^2 H$ -enriched in comparison with C_{25.7} both in sea ice algae and in the corresponding sediments;
- the $\delta^2 H$ values of IP₂₅ and C_{25:2} in the sediments tend to be lower by 3 to 4‰ than those in the sea ice algae;
- the $\delta^2 H$ values of $C_{25:2}$ in the Antarctic samples are approximately 12% higher than in the Canadian Arcric;
- the δ^2 H values of $C_{25:2}$ in the diatom *Pleurosigma intermedium* grown at a lower light level are approximately 25% higher than at a higher light level.

Based on the tentative relationship we have identified between light intensity and the $\delta^2 H$ values of HBIs extracted from the diatom culture in the laboratory, we suggest that the higher $\delta^2 H$ values of $C_{25:2}$ in Antarctic samples reflects a reduced amount of light and thus a thicker ice/snow pack in comparison with the Arctic samples.

Improved understanding of the magnitude and the underlying mechanisms responsible for the isotopic differences observed in the diatom *Pleurosigma intermedium* as well as other diatoms from sea ice and open water would provide key insights for interpreting $\delta^2 H$ values of environmental samples from the polar regions. The main outcome of this research effort will be a new methodological approach that could be used to estimate ice thickness or/and snow cover, which are among key parameters with respect to sea ice albedo and heat exchange between the ocean and the atmosphere.

Questions for Future Research. The ongoing project will address the following research questions:

- Why are HBIs ²H-enriched at a lower light intensity?
- Is the observed minor 2H -depletion of IP $_{25}$ and C $_{25:2}$ in the sediments in comparison with sea-ice algae real, i.e. is there a diagenetic effect on the δ^2H values of HBIs in sediments?
- How robust is the link between light intensity (i.e. ice/ice pack thickness) and the $\delta^2 H$ values of HBIs in sea-ice algea, and how well is this link preserved in sediments and through time?

REFERENCES

- Lang A., Yang S., Kaas E. Sea ice thickness and recent Arctic warming // Geophysical Research Letters. 2017. V. 44. P. 409–418.
- Belt S.T. Source-specific biomarkers as proxies for Arctic and Antarctic sea ice // Organic Geochemistry. 2018. V. 125. P. 277–298.
- 3. Volkman J.K. Lipids of geochemical interest in microalgae // Hydrocarbon, Oils and Lipids: Diversity, Origin, Chemistry and Fate / Wilkes H. (Ed.).

- Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54529-5 10-1.
- 4. Kremer A., Stein R., Fahl K. et al. Changes in sea ice cover and ice sheet extent at the Yermak Plateau during the last 160 ka Reconstructions from biomarker records // Quaternary Science Reviews. 2018. V. 182. P. 93–108.
- 5. Méheust, M., Stein, R., Fahl, K., et al. Sea-ice variability in the subarctic North Pacific and adjacent Bering Sea during the past 25 ka: new insights from IP25 and Uk'37 proxy records // Arktos. 2018. V. 4. https://doi.org/10.1007/s41063-018-0043-1.

Научное издание

ГЕОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии

Москва, 18-22 ноября 2019 г.

Том І

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Адрес Издательства: 117997, Москва, Нахимовский пр., д. 36 Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, тел. +7 (495) 719-0035, доб. 03-03

Shirshov Institute of Oceanology Publishing House, Russian Academy of Sciences 36, Nahimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia Tel.: +7 (495) 719-0035, ext. 03-03 e-mail: publishing@ocean.ru, http://www.ocean.ru

Сдано в набор 28.10.2019 г. Подписано к печати 31.10.2019 г. Формат бумаги $62 \times 94^{1/}_{16}$ Бумага офсет № 1, 80 г/м². Гарнитура Таймс. Офсетная печать. Усл. печ. л. 15,0. Уч. изд.л. 18,0. Тираж 200 экз. Зак. № 146839 от 31.10.2019

Отпечатано в типографии: ПАО «Т8 Издательские Технологии» 109316, Москва, Волгоградский пр-т, д. 42, корп. 5, офис 6