

РАЗВИТИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗЕМЛИ ПОСЛЕДНЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР

д-р геогр. наук Д.Ю.БОЛЬШИЯНОВ¹, инженер А.С.МАКАРОВ¹,
студентка Е.А.МОРОЗОВА², инженер М.В.ПАВЛОВ³,
д-р геогр. наук Л.М.САВАТЮГИН¹

¹ ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, e-mail: aaricoor@ari.nw.ru

² СПбГУ, факультет географии и геоэкологии, г. Санкт-Петербург, e-mail: rozochka19@yandex.ru

³ СПбГУ, г. Санкт-Петербург, e-mail: maksimpavlov@rambler.ru

В статье приводится обзор исследований озер и озерных отложений полярных областей, выполненных силами российских специалистов. Показана роль озерных отложений в изучении палеоклимата голоцена. Освещены основные методы изучения отложений озер: варвометрический, геохимический, споро-пыльцевой и пр. По данным изучения озерных отложений определено время Малого ледникового периода в Российской Арктике. По результатам исследования озер оазиса Бангера (Антарктида) реконструирована граница всплывания ледника в результате трансгрессии моря 2000 лет назад.

Ключевые слова: донные озерные отложения, методы исследований, Арктика, Антарктида, колебания климата, изменения уровня моря, поздний голоцен.

Знание колебаний климата последнего тысячелетия представляется необходимым условием для понимания современных климатических изменений и предсказания климата будущего. Один из методов продления серий инструментальных климатических измерений – исследование донных озерных отложений, которые содержат богатую информацию о развитии природной среды в прошлом. В Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте впервые в мире в 50-х гг. прошлого столетия начаты исследования арктических и антарктических озер для получения палеоклиматических сигналов [8, 10]. Тогда были собраны первые сведения о строении донных отложений полярных озер и сделаны попытки извлечь из них палеоклиматическую и палеогляциологическую информацию. Позже эти исследования переросли в палеоклиматическое направление, развивающееся в ААНИИ до настоящего времени. Только в конце XX столетия другие, зарубежные участники изучения полярных регионов планеты начали широкомасштабные исследования в этом направлении. В настоящее время существуют десятки проектов по изучению палеоклимата на основе всестороннего исследования озерных отложений. Отечественная наука хоть и была первой в данном направлении, к настоящему времени утратила и эти передовые позиции из-за отсталости технологий отбора донных отложений и отсутствия лабораторной базы для проведения современных анализов исследуемых осадков.

Исследования на архипелаге Северная Земля, которые круглогодично в течение 14 лет (1976–1989 гг.) проводились на базе гляциологического стационара «Купол Вавилова», дали возможность, в частности, всесторонне исследовать как

условия стока с ледника, так и приледниковое озеро Изменчивое. Были увязаны скорости осадконакопления в озере с количеством воды, стекающей с ледника, с температурой воздуха теплого периода года непосредственно на озере, на леднике и на ближайшей полярной станции «Голомянный», и на основе этих связей получены колебания температур воздуха в июле за последние 1200 лет [7]. Эти работы дали возможность понять непосредственную связь климатических колебаний с толщиной ленточнослоистых осадков в приледниковых озерах и в глубоких тектонических озерах, в которых также откладывались и откладываются ленточно-слоистые осадки. К настоящему времени изучено уже более 30 арктических и антарктических озер (отобраны колонки донных отложений и проведен комплекс лабораторных исследований), что требует архивации полученного материала. Поэтому в настоящее время в ААНИИ проводится тематическая работа, направленная на создание банка палеоклиматических данных на основе изученных в Арктике и Антарктиде донных озерных отложений, как отобранных самими авторами, так и описанных в публикациях.

Цель данной статьи – показать возможности палеогеографических реконструкций на основе изучения озер и их отложений. Данная статья является естественным продолжением уже опубликованных результатов [6] и их расширением и углублением (рис. 1).



Рис. 1. Карта исследованных озер в Арктике

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее информативные в палеоклиматическом смысле донные осадки откладываются в глубоких тектонических озерах, поэтому их изучению отдается предпочтение. В субполярных и полярных регионах гидрологический режим озер носит неравномерный характер (1–2 месяца активного стока в озера воды и наносов, 10–11 месяцев нахождения подо льдом), что приводит к формированию ежегодно пары слоев: зимнего и летнего. По этим слоям возможно выяснить хронологию климатических событий. В мелких озерах в течение теплого времени может сформироваться несколько пар слоев, или они там вообще не формируются, так же как в озерах умеренной зоны, где гидрологический режим озерных систем носит более равномерный характер. Мощности слоев непосредственно зависят от количества воды и наносов, приносимых в озера. Последние параметры находятся в непосредственной связи со снеготаянием, а значит, с летними температу-

рами воздуха и другими факторами. Но в полярных областях таких факторов значительно меньше, и здесь имеются наиболее благоприятные условия для изучения климатических флуктуаций.

Подсчет пар слоев дает возможность построить кривые скоростей седиментации и узнать возраст отложений. Подсчет проводился при визуальном исследовании осадков, а также в шлифах, изготовленных по специальной методике. На тех озерах, где удавалось проводить гидрологические и седиментологические исследования (например, озеро Изменчивое на архипелаге Северная Земля [2], Левинсон-Лессинга на полуострове Таймыр [12, 14], озера Лама и Капчук на плато Путорана [13]), толщины ежегодно откладывавшегося осадка увязывались с балансом наносов озера или с данными седиментационных ловушек, установленных в толщах озерных вод.

Литологическое строение осадка несет чрезвычайно важную информацию о событиях в бассейне озера. Изучается не только литология осадка, но его гранулометрия, магнитная восприимчивость, геохимические показатели, в особенности содержание органического углерода, который является прямым показателем биологической продуктивности озер, а значит, и термических или иных климатоопределяющих факторов.

Традиционно, согласно высокому уровню развития отечественных направлений спорово-пыльцевого и диатомового анализов донных отложений, они являются основными при выделении климатических сигналов из осадков. Сравнение состава растительности из поверхностного слоя осадков с более глубокими горизонтами позволяет определить тенденции в развитии растительности в бассейне озера, а значит, и климатические флуктуации. Диатомовые водоросли, а также наличие таких организмов, как фораминиферы, наряду с химическим анализом осадков, позволяют определить связь озер с морскими водами, если озера находятся вблизи морских побережий. И, таким образом, донные озерные отложения могут служить показателем колебаний уровня морей.

Для определения коротких климатических колебаний (в пределах 50–100 лет) исследование колонок донных отложений должно производиться непрерывно. Образцы следует отбирать из каждой литологической разности, что не всегда возможно из-за тонкой стратификации осадка, но не реже чем через 1–2 см, и, что очень важно, непрерывно по всей колонке. Выделение климатического сигнала на основе изучения состава донных отложений производится согласно методике, описанной в предшествующих работах [2, 5, 6, 7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом исследования донных озерных отложений, накопившихся за время последнего тысячелетия, явились климатические сигналы, свидетельствующие о циклически происходящих потеплениях и похолоданиях климата (рис. 2) в Российской Арктике и Субарктике. Однако следует учитывать, что далеко не всегда удается получить абсолютные колебания температуры воздуха. Исключением является озеро Изменчивое на архипелаге Северная Земля [7], в котором толщина ленточнослоистых отложений пропорциональна температуре воздуха в летний период. На рис. 2 показаны периоды устойчивого похолодания и потепления климата в течение тех отрезков времени, которые было возможно выделить при изучении каждого конкретного озера. Белый цвет в колонках показывает наиболее теплые интервалы времени, штриховка – похолодание, черный – наиболее холодные промежутки времени. Исследования нескольких озер позволили определить временные и пространственные границы последнего похолодания, имевшего место на всей Земле, – так называемого Малого ледникового периода. Он начался в разное время: самое раннее – около 1470 г., самое позднее время –

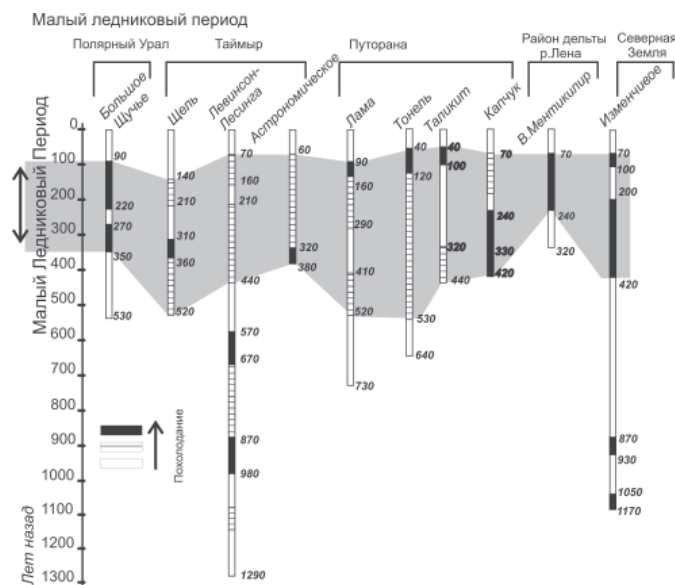


Рис. 2. Продолжительность Малого ледникового периода в Российской Арктике

1760 г. и продолжался до первой половины XX в. Время начала и окончания похолодания значительно отличаются в различных частях Арктики.

В большинстве исследуемых регионов Малый ледниковый период осложнен фазой потепления продолжительностью от 40 до 220 лет. Все исследованные колонки донных озерных отложений показывают устойчивое потепление в течение последних 140–60 лет. Надо отметить, что применяемые методы вряд ли могут разделить более короткие фазы изменения климата, например похолодание 1970-х гг. и потепление конца XX в., отмеченное инструментальными наблюдениями в Арктике. Последнее потепление, которое трактуется в основном как антропогенно обусловленное, на приведенных материалах характеризуется как естественное. Таких потеплений на протяжении последнего тысячелетия, как видно из рис. 2, было несколько, и тогда они никак не могли быть техногенными. Еще один важный вывод, следующий из приведенных материалов, – это то, что за современным потеплением неизбежно последует похолодание климата в полярных областях. Такие данные необходимы для прогноза климата ближайшего будущего, т.к. основаны не на 60–70-летних инструментальных наблюдениях, а на рядах протяженностью порядка 1000 лет. Для увеличения периода выявленных колебаний требуется увеличение длины колонок донных отложений.

Другим важным результатом исследования донных озерных отложений стали данные о повышении уровня моря на высоту до 10 м около 2000 лет назад. Такие данные получены из озера Изменчивого на архипелаге Северная Земля. Там, под 1500 пар годовых слоев ленточнослоистого осадка, залегают отложения с морскими остракодами и фораминиферами, что явно свидетельствует о повышении уровня моря не менее чем на 10 м около 1500 лет назад, т.к. в настоящее время озеро расположено на высоте 6 м над уровнем Карского моря [4].

Озеро Таймыр повышало уровень вод около 1800 лет назад, что установлено по результатам радиоуглеродного датирования археологической стоянки, перекрытой озерными осадками в устье притока Верхней Таймыры, впадающей в озеро Таймыр [7]. Повышение уровня моря здесь сказалось только в повышении



Рис. 3. Расположение озера Далёкого и границы современных колебаний линии всплывания ледника (на основе карты «Гляциогеоморфология оазиса Бантера» [1])

уровня (подпор со стороны моря), т.к. в настоящее время уровень озера находится на высоте 5 м над уровнем Карского моря.

В осадках озера Далекое, расположенного в оазисе Бангера (Восточная Антарктида), подпруженного краем ледникового щита, под пресноводными ленточнослоистыми осадками возрастом около 2000 лет обнаружены морские диатомовые водоросли. Это свидетельствует о том, что в то время край ледникового щита всплывал и пропускал под собой морские воды к южной кромке оазиса [3] (рис. 3). Современные перемещения границы всплывания вдоль южной границы оазиса происходят заметно на протяжении нескольких километров. Это выражается в том, что озера вдоль южной кромки оазиса то подвержены влиянию приливов и отливов, то перестают сообщаться с морем с периодом в несколько лет. Около 2000 лет назад и озеро Далекое было ареной вторжения морских вод в результате всплывания ледника при повышенном стоянии уровня моря.

Эти примеры можно считать случайным совпадением. Однако все эти озера (североземельские, таймырские, антарктические) лежат очень близко к меридиану 100° в.д. Именно по этому меридиану, как считал Г.Д.Хизанашвили [11], последние 4000 лет смещается земная ось в своих тысячелетних осцилляциях. Перемещение земной оси вызывает напряжения в земной коре и в атмосфере, которые современным исследователям трудно определить. Изменения в гидросфере определить проще, в особенности после появления такого мощного инструмента исследований, как спутниковая альтиметрия, благодаря которой установлены современные неоднородности поверхности геоида или уровня Мирового океана. Именно в описанных озерах изменения уровня зафиксированы документально.

Что же касается сотого восточного меридиана, то это меридиан, в 20-градусном секторе которого (90–110° в.д.) расположены крупнейшие разломы земной коры, заполненные водой, т.е. озера и морские заливы. К вышеописанным доба-

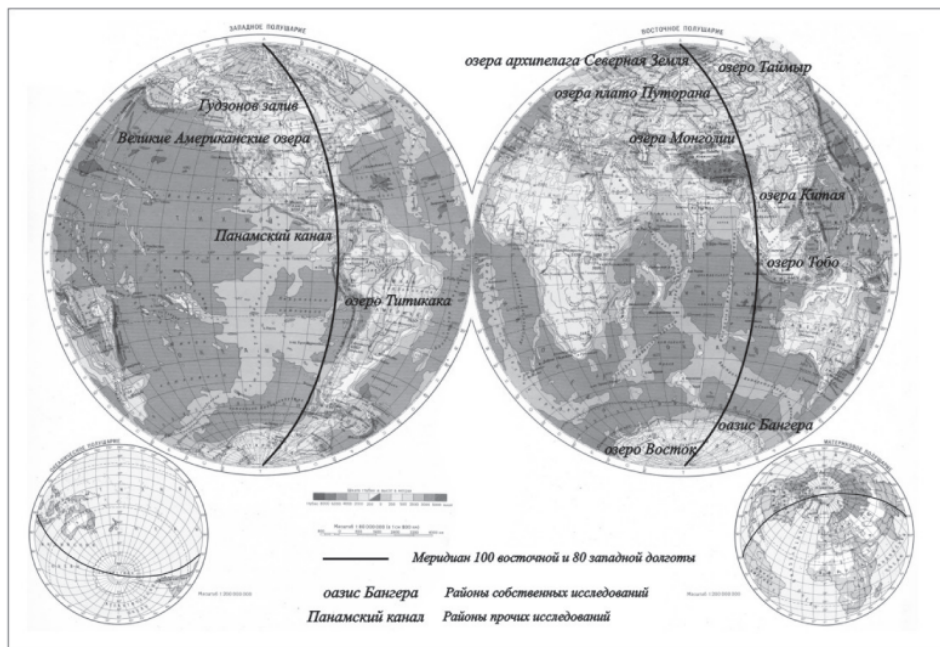


Рис. 4. Сотоый меридиан на карте полушарий

вятся такие, как: озера плато Путорана, Байкал, Хубсугул (Монголия), подледное озеро Восток (Центральная Антарктида). На противоположном полушарии в 20-градусном секторе меридиана 80° з.д. расположены Великие американские озера, Гудзонов залив, озера перешейка между Северной и Южной Америками. Крупнейшие тектонические озера приурочены также к 30° в.д. (например, Ладожское, озера африканского рифта), которых значительно меньше, чем вокруг оси сотого меридиана (рис. 4).

В районе сотого же меридиана в Индийском океане, по данным спутниковой альтиметрии, поверхность океана понижена относительно поверхности геоида до 100 м. Полученные наблюдения и выявленные Хизанашвили закономерности флуктуации земной оси вряд ли являются случайными совпадениями. Во всяком случае, имеются факты, которые необходимо проверять. Господствующее ныне в науке мнение об исключительно гляциоэвстатической природе колебаний уровня моря становится малоубедительными, т.к. появляется все больше фактов о заметных колебаниях уровня моря в различных точках земного шара на протяжении последних столетий.

Последние годы исследования озер в Российской Арктике активно ведутся в рамках российско-германского сотрудничества по проекту «Природная система моря Лаптевых», которое дает возможность российским специалистам продолжить ранее начатые исследования и, что также важно, быть приобщенными к современным технологиям отбора и анализа донных озерных отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Антарктики. СПб.: ГУНК, 2005. 200 с.
2. *Большаинов Д.Ю.* Осадконакопление в современном приледниковом озере (на примере оз. Изменчивого, архипелаг Северная Земля) // Вестник ЛГУ. 1985. № 7. С. 43–50.
3. *Большаинов Д.Ю.* Основные черты геоморфологического строения оазиса Бангера (Восточная Антарктида) // Информ. бюл. Сов. антаркт. экспед. 1990. Вып. 113. С. 79–90.
4. *Большаинов Д.Ю., Макеев В.М.* Архипелаг Северная Земля. Оледенение, история развития природной среды. СПб.: Гидрометеоздат, 1995. 217 с.
5. *Большаинов Д.Ю., Федоров Г.Б., Савельева Л.А.* Изменения природной среды полуострова Таймыр в позднем неоплейстоцене и голоцене // Доклады Всерос. научно-метод. совещания «Таймыр. Малочисленные народы, природные условия, фауна, выдающиеся ученые» (Хатанга, 10-12 августа). СПб.; Хатанга, 2001. С. 27–45.
6. *Большаинов Д.Ю., Павлов М.В.* Определение времени Малого ледникового периода в различных частях Российской Арктики по данным изучения донных озерных отложений // Изв. Русск. геогр. об-ва. 2004. Т. 136. Вып. 4. С. 37–50.
7. *Большаинов Д.Ю.* Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды. СПб.: ААНИИ, 2006. 296 с.
8. *Говоруха Л.С.* Современные условия накопления осадков в озерах Земли Франца-Иосифа // Проблемы Арктики и Антарктики. 1963. № 13. С. 119–122.
9. *Говоруха Л.С.* Некоторые результаты лимнологических исследований на Земле Франца-Иосифа // Изв. Всесоюз. геогр. об-ва. 1965. Т. 97. С. 169–175.
10. *Макеев В.М.* Подводные географические исследования // Информ. бюл. Сов. антаркт. экспед. 1971. № 82. С. 14–17.
11. *Хизанашвили Г.Д.* Динамика земной оси вращения и уровней океанов. Тбилиси: Цодна, 1960. 143 с.
12. *Ebel T., Melles M., Niessen F.* Laminated sediments from Levinson-Lessinglake, northern central Siberia: a 30,000 year record of environmental history? // Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic: Dynamics and History. Berlin, Heidelberg: Springer, 1999. P. 425–435.

13. Hagedorn B., Harwart S., van der Loeff M.M.R., Melles M. Lead-210 dating and heavy metal concentration in recent sediments of Lama Lake (Norilsk area, Siberia) // Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic. Dynamics and History, Berlin, Heidelberg: Springer, 1999. P. 361–376.

14. Zimichev V., Bolshiyakov D., Mesheryakov V., Ginz D. The features of hydrological regime of the lake-river systems of Byrranga Mountains (by the example of Levinson-Lessing Lake) // Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic. Dynamics and History, Berlin, Heidelberg: Springer, 1999. P. 353–360.

D.YU.BOLSHIYANOV, A.S.MAKAROV, E.A.MOROZOVA, M.V.PAVLOV, L.M.SAVATYUGIN

POLAR REGIONS ENVIRONMENT DURING LAST MILLENIUM ON THE BASE OF LAKE SEDIMENTS INVESTIGATIONS

The article gives the review of researches of lakes and lake sediments in polar areas, carried out by the Russian experts. It also illustrates the role of lake sediments within the Holocene paleoclimate research; the main methods of research of lake sediments, varvometric, geochemical, spore and pollen method, etc. According to the data obtained from research of the Arctic area lake sediments, the time of the Little Ice Age expansion in the Russian Arctic was determined. The results of research of the lakes in Banger oasis (East Antarctica) allowed to reconstruct the floating Line dynamics as result of ocean transgression 2000 years ago, which took place along meridian of 100° E.

Key words: lake sediments, methods of investigations, Arctic, Antarctica, climate and sea level fluctuations, Late Holocene.