

Modern sedimentation in lakes Chukcha and Bezmyyanka, Okhotsk coast



Pozhidaeva D.K.^{1,2*}, Minyuk P.S.¹

¹North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N.A. Shilo, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, 16 Portovaya St., Magadan, 685000, Russia

²Kazan Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies, 4/5 Kremlevskaya st., Kazan 420008, Russia

ABSTRACT. Lakes Chukcha (59°31'56" N; 147° 23'07" E) and Bezmyyanka (59°29'56" N; 147°21'02" E) located in the Kava-Tau depression, in the norther cost of Sea of Okhotsk. The thickness of the sediments, rock magnetic properties, sedimentation rates in both lakes are different. The surface bottom sediments of Chukcha lake are heterogeneous in grain composition. The rock magnetic properties of surface sediments are controlled by the grain size. The shallow water sandy sediments show the low of MS, Jrs, Js, and high values of Jp while silt have opposite characteristics. Magnetic minerals from silt are single domain with low content of paramagnetic component. The magnetic properties of fine-grained sediments may be associated with the authigenic (hemogenic) iron sulfides and oxides.

Keywords: Holocene, rock magnetism, lake sediments

For citation: Pozhidaeva D.K., Minyuk P.S. Modern sedimentation in lakes Chukcha and Bezmyyanka, Okhotsk coast // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 538-543. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-538

1. Introduction

There are a large number of lakes on the coast of the Sea of Okhotsk. Among them, there are coastal lakes isolated from the sea (Salty, Glukhoe lakes) and lakes located in Cenozoic depressions such as Lankovaya, Kava-Tau, Gizhiga depressions. These lakes differ from many glacial mountain lakes in age, sediment composition, and sedimentation rate. The thickness of Holocene lacustrine sediments of the depressions reaches 10 m providing the high resolution of environmental record. The sediments of these lakes are characterized by high values of magnetic susceptibility, low organic matter content, and stable single-component magnetization. In this regard, they are a favorable object for studying the space/time structure of the geomagnetic field. Modern sedimentation in lakes reflect a combination of sedimentation processes and conditions both in different parts of the water basin and in the catchment area. The study of modern sedimentation contributes to a better understanding of the sedimentation of the past (Fig.1).

2. Materials and methods

Lake Chukcha (59°31'11" N; 147°22'45" E) and Bezmyyanka (59°29' 45" N; 147°20'32" E) located in

the Kava-Tau Cenozoic depression. In the east and south of the lakes are lake-marsh Holocene deposits, in the west and north – Neogene sands, pebbles, siltstones. The southern creeks flowing into lakes erode the Cretaceous volcanic rocks (Geological..., 1981). The Chukcha River flows from the northern part of Lake Chukcha. Lake Chukcha has a length and width of 5.7 km 3.5 km, respectively. The maximum water depth is 3 m. The present lake level is at 40 m a.s.l. Lake Bezmyyanka is 2.3 km long and 1 km wide. The water depth does not exceed 2.5 m.

Two sediment cores were taken from Lake Chukcha (Chk-1, 505 cm long and Chk-2 483 cm long) and from Lake Bezmyyanka (Chb-1, 936 cm long and Chb-2, 874 cm log) in the central parts of the lakes. Surface bottom samples (73 samples) were collected along profiles over the entire area of Lake Chukcha.

Magnetic susceptibility (MS) of sediments were measured on MFK 1FA kappabridge (AGICO Ltd.). Thermomagnetic analysis (TMA) was performed using MFK1-FA equipped with a CS-3 high temperature furnace (AGICO Ltd.) and a Curie express balance (Burov et al., 1986). Hysteresis parameters, including saturation magnetization (Js), induced magnetization (Ji), saturation remanence (Jrs), coercive force (Bc) and remanence coercivity (Bcr), were measured using an

*Corresponding author.

E-mail address: dashapozhidaeva01@gmail.com (D.K. Pozhidaeva)

Received: June 15, 2024; **Accepted:** July 02, 2024;

Available online: August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



automatic coercive spectrometer (Burov et al., 1986). Radiocarbon analysis was performed at the NEISRI FEB RAS and at the Taiwan University. Major elements were determined using an S4 Pioneer X-ray fluorescence spectrometer (Germany). The relative content of organic material was estimated using loss on ignition (LOI) after heating the samples to 550°C.

3. Results and discussion

The general lithological features of core sediments are identical in both lakes. Massif silt dominates in the upper part of the cores, and indistinct thin-layered silt are in the lower part. Remain of water and terrestrial plants and vivianite occur in the sediments. The basal layers of Bezmyyanka Lake cores are composed by silt, sand and well-rounded fragments of woods with ages 27 ka. It is suggested that lake was formed at the alluvial plain surface.

Two AMS radiocarbon dates from Chb-1 core sediments (1661 ± 70 and 3001 ± 70 years) indicate the Holocene age of Lake Bezmyyanka. The spore-pollen spectra from the lower part of lake sediments are dominated by tree and shrub taxa *Betula*, *Alnus*, *Pinus* subgen. *Haploxylon*, which indicates a warm climate. The depth variations of MS are well correlated between cores in each lake, but comparison between lakes by this parameter is difficult which indicates a different of sedimentation history. The sediments of Lake Chukchi show higher values of MS. The composition of deposits in the catchment and the content of biogenic silica and organic matter in lake sediments control the magnitudes of magnetic susceptibility on the one hand, and the chemogenic (authigenic) formation of magnetic minerals on the other hand.

The content of SiO_2 and LOI gradually increases from the bottom up in the core Chb 1, which indicates



Fig.1. Location of the studied objects.

an increase in the bioproductivity of the lake. According to the J_{rs}/J_s and B_{cr}/B_c ratios the magnetic particles are single domain in the upper part of the core (Day et al., 1977). The sedimentary records of lakes Chukcha and Bezmyyanka represent high-resolution archives of the temporal variation of the Earth's magnetic field.

The surface bottom sediments of Chukchi lake are heterogeneous in grain composition. Beaches and shoaling consist mainly of sand, while silt and clay are dominated in the deep central part of the lake. The shallow water area wider in the western part of the lake suggesting a higher intensity of abrasion. The rock magnetic properties of surface sediments are controlled by the grain size. The shallow water sandy sediments show the low of MS , J_{rs} , J_s , and high values of J_p . The beach sand sorted by waves contains visible heavy minerals. They have a high magnetic susceptibility. The magnetic minerals from the silt of the central part of the lake are single domain with low content of paramagnetic component. The magnetic properties of fine-grained sediments may be associated with the authigenic (hemogenic) iron sulfides and oxides.

The spatial distribution of the fine size sediments at the bottom of the lake Chukcha is similar to lake Chistoe of Lankovaya depression while magnetic characteristics are opposite indicating the different sedimentation regimes of both lakes (Pozhidaeva and Minyuk, 2023) (Fig.2).

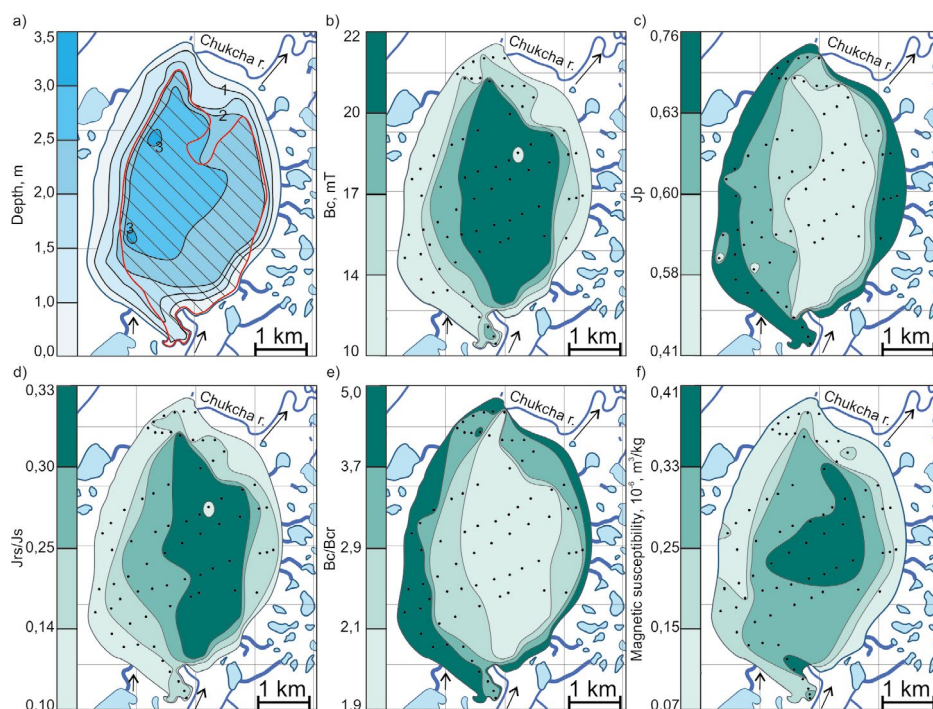


Fig.2. Bathymetric map (a), distribution of the rock magnetic characteristics (b-f) in the surface bottom sediments of lake Chukcha. The shaded area mart distribution of the silty sediments, the points indicate the sites of surface sampling.

Acknowledgements

The study was carried as a part of State Assignment № 121031700311-4.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

Geologicheskaya karta [Geological map]. Sheet O-55-IV. Scale 1: 2000000. 1981. Korolkov V.G., Korolkova A.M. (in Russian)

Burov B.V., Nurgaliev D.K., Yasonov P.G. 1986. Paleomagnitny analiz [Paleomagnetic Analysis]. Kazan: KGU (in Russian)

Pozhidaeva D.K., Minyuk P.S. 2023. Sovremennyyi sedimentogenez oz.Chistoe (Severnoe Priohotie) [Modern sedimentation in the lake Chistoe (Northern coast of the Sea of Okhotsk)]. In Nauchnaya molodezh – Severo-Vostoku Rossii [Scientific youth for the North-East of Russia]: Materialy IX mezhhregional'noi konferentsii molodykh uchenykh [Proceedings of the IX Interregional Conference of Young Scientists] (Magadan, December 1-2, 2022) 9: P. 22–26 (in Russian)

Day R., Fuller M., Schmidt V.A. 1977. Hysteresis properties of titanomagnetites: grain size and compositional dependence. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 13: 260–267. DOI:[10.1016/0031-9201\(77\)90108-X](https://doi.org/10.1016/0031-9201(77)90108-X)

Современное осадконакопление в озерах Чукча и Безымянка, Охотское побережье

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYПожидаева Д.К.^{1,2*}, Минюк П.С.¹¹Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН, ул. Портовая д.16, г. Магадан, 685000, Россия²Казанский федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, ул. Кремлевская, 4/5, г. Казань, 420008, Россия

АННОТАЦИЯ. Озера Чукча (59°31'56» с.ш., 147° 23'07» в.д.) и Безымянка (59°29'56» с.ш., 147°21'02» в.д.) расположены в Кава-Тауйской впадине, на северном побережье Охотского моря. Мощность отложений, их магнитные свойства, скорость седиментации в обоих озерах различны. Петромагнитные характеристики поверхностных донных отложений контролируются гранулометрическим составом. Прибрежные песчаные отложения имеют низкие величины MB, Jrs, Js и высокие значения Jr, в то время как ил обладает противоположными характеристиками. Магнитные минералы из ила представлены однодоменными частицами с низким содержанием парамагнитной компоненты. Магнитные свойства ила могут быть связаны с аутигенными (хемогенными) сульфидами и оксидами железа.

Ключевые слова: голоцен, магнетизм горных пород, озерные отложения

Для цитирования: Пожидаева Д.К., Минюк П.С. Современное осадконакопление в озерах Чукча и Безымянка, Охотское побережье // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 538-543. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-538

1. Введение

На побережье Охотского моря расположено большое количество озер. Среди них выделяются прибрежные озера, отшнурованные от моря (Соленое, Глухое) и озера, расположенные в кайнозойских впадинах, таких как Ланковская, Кава-Тауйская, Гижигинская. Эти озера отличаются от многих ледниковых горных озер возрастом, составом отложений и скоростью седиментации. Мощность голоценовых озерных отложений впадин достигает 10 м, что обеспечивает высокую разрешающую летопись изменения природной среды. Отложения этих озер характеризуются высокими значениями магнитной восприимчивости, низким содержанием органического вещества и стабильной однокомпонентной намагниченностью. В этом отношении они являются благоприятным объектом для изучения тонкой структуры геомагнитного поля. Осадкообразование в озерах отражает совокупность процессов и условий седиментации как в разных частях водоема, так и на водосборе. Изучение современной седиментации способствует лучшему пониманию процессов осадконакопления прошлого (Рис.1).

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: dashapozhidaeva01@gmail.com (Д.К. Пожидаева)

Поступила: 15 июня 2024; Принята: 02 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

2. Материалы и методы

Озера Чукча (59°31'11" с.ш.; 147°22'45" в.д.) и Безымянка (59°29' 45" с.ш.; 147°20'32" в.д.) расположены в Кава-Тауйской кайнозойской депрессии. На востоке и юге озер находятся озерно-болотные отложения голоценового возраста, на западе и севере – неогеновые пески, галька, алевролиты. Южные ручьи, впадающие в озера, размывают меловые вулканогенные породы (Геологическая..., 1981). Река Чукча вытекает из северной части одноименного озера. Озеро Чукча имеет длину 5.7 км, ширину 3.5 км. Максимальная глубина воды составляет 3 м, абсолютная отметка воды - 40 м. Оз. Безымянка имеет длину 2.3 км и ширину 1 км. Глубина воды не превышает 2.5 м.

По две колонки керн взяты из оз. Чукча (Чк-1 длиной 505 см и Чк-2 длиной 483 см) и из оз. Безымянка (Чб-1 длиной 936 см и Чб-2 длиной 874 см) в центральных частях бассейнов. Поверхностные донные пробы (73 образца) отобраны по профилям на всей площади озера Чукча.

Измерения магнитной восприимчивости (MB) осадков выполнено на многофункциональном кап-паметре MFK 1FA. Термомагнитный анализ (ТМА)

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



проводили на MFK 1FA с термоприставкой CS3 (AGICO Ltd.) и магнитных весах (Буров и др., 1986). Гистерезисные характеристики, включая остаточную намагниченность насыщения (J_{rs}), намагниченность насыщения (J_s), индуктивную намагниченность (J_i), коэрцитивную силу (B_c), остаточную коэрцитивную силу (B_{cr}) измерены на автоматическом коэрцитиметре J-meter (Буров и др., 1986). Радиоуглеродный анализ выполнен в СВКНИИ ДВО РАН и Тайваньском университете. Определение породообразующих элементов проводили на рентгенофлуоресцентном спектрометре S4 Pioneer (Германия). Относительное содержание органического вещества оценивали по потерям при прокаливании (ППП) после нагрева образцов до 550°C.

3. Результаты и обсуждение

Литологические особенности донных отложений в обоих озерах одинаковы. В верхней части колонок преобладает массивный алеврит, в нижней – алеврит с неясной тонкой слоистостью. В осадках встречаются остатки водных и наземных растений, а также вивианит. В забое скважин оз. Безымянка осадки представлены илом, песком и хорошо окатанными обломками древесины с возрастом 27 тыс. лет. Предполагается, что озеро образовалось на аллювиальной равнинной поверхности. Две радиоуглеродные даты (AMS), полученные по осадкам скв. Чб-1 (1661 ± 70 и 3001 ± 70 лет), свидетельствуют о голоценовом возрасте оз. Безымянка. В спорово-пыльцевых спектрах из нижней части озерных отложений преобладают древесно-кустарниковые таксоны *Betula*, *Alnus*, *Pinus* subgen. *Haploxyylon*, что указывает на теплый климат.

По магнитной восприимчивости наблюдается хорошая корреляция осадков скважин в каждом озере, однако сопоставление разрезов между озерами по этому параметру затруднительно, что указывает на различные условия седиментации. Отложения оз.Чукча характеризуются более высокими значениями M_B . Состав отложений в источниках сноса, содержание биогенного кремнезема и органического вещества в озерных отложениях определяют величины магнитной восприимчивости, с одной стороны, и хемогенное (аутигенное) образование магнитных минералов - с другой.

Содержание SiO_2 и ППП постепенно увеличивается снизу-вверх в колонке Чб 1, что



Рис.1. Расположение исследуемых объектов.

свидетельствует о повышении биопродуктивности озера. Судя по отношениям J_{rs}/J_s и B_{cr}/B_c (Day et al., 1977) магнитные частицы в верхней части разреза однодоменные. Осадки озера Чукча и Безымянка содержат детальные вековые вариации геомагнитного поля.

Поверхностные донные отложения оз. Чукча неоднородны по гранулометрическому составу. Пляжи и отмели состоят преимущественно из песка, а в глубокой центральной части озера преобладают ил и глина. Зона мелководья шире в западной части озера, что свидетельствует о более высокой интенсивности абразии. Магнитные свойства поверхностных отложений определяются гранулометрией. В мелководных песчаных отложениях наблюдаются низкие величины M_S , J_{rs} , J_s и высокие значения J_r . Пляжный песок, отсортированный волнами и содержащий видимые тяжелые минералы, характеризуется высокой M_B . Магнитные минералы ила центральной части озера однодоменные с низким содержанием парамагнитной компоненты и могут быть связаны с аутигенными (хемогенными) сульфидами и оксидами железа.

Пространственное распределение тонких осадков на дне оз.Чукча аналогично озеру Чистое Ланковой впадины, однако магнитные характеристики противоположны, что указывает на разные режимы седиментации обоих озерах (Пожидаева и Минюк, 2023) (Рис.2).

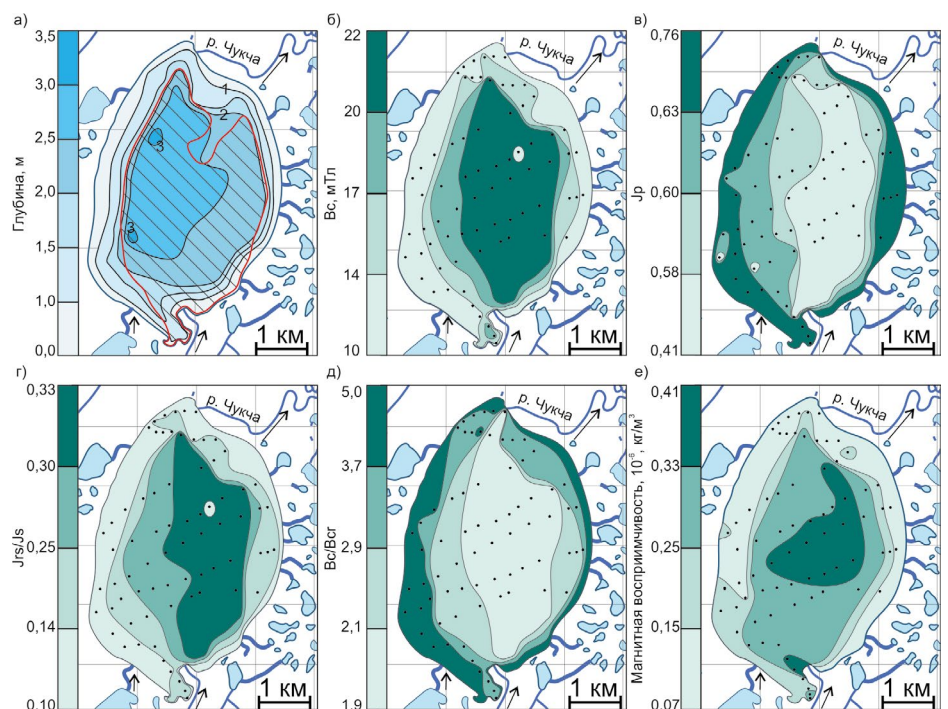


Рис.2. Батиметрическая карта (а), карты распределения петромагнитных характеристик (б-е) по поверхностным донным пробам оз. Чукча. Заштрихованный участок – область распространения илистых осадков, точки – места отбора поверхностных проб.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках
Государственного задания № 121031700311-4.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта
интересов.

Список литературы

Геологическая карта. Лист О-55-IV. Масштаб 1:
2000000. 1981. Корольков В.Г., Королькова А.М.

Буров Б.В., Нургалиев Д.К., Ясонов П.Г. 1986.
Палеомагнитный анализ. Казань: КГУ.

Пожидаева Д.К., Минюк П.С. 2023. Современный седи-
ментогенез оз. Чистое (Северное Приохотье). Научная
молодёжь - Северо-Востоку России: материалы IX межре-
гиональной конференции молодых учёных (Магадан, 1-2
декабря 2022) 9: p. 22-26.

Day R., Fuller M., Schmidt V.A. 1977. Hysteresis
properties of titanomagnetites: grain size and compositional
dependence. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 13:
260–267. DOI:[10.1016/0031-9201\(77\)90108-X](https://doi.org/10.1016/0031-9201(77)90108-X)