

УДК 551.332.26:551.7(571.6)

МАГНИТО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ НА ГРАНИЦЕ ПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА В ОЗЕРНЫХ ОСАДКАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

© 2023 г. П. С. Минюк^{1,*}, Д. К. Пожидаева¹, О. Т. Соцкая¹,
член-корреспондент РАН В. В. Акинин¹, М. А. Морозова¹

Поступило 02.02.2023 г.

После доработки 14.02.2023 г.

Принято к публикации 17.02.2023 г.

Представлены результаты исследования озерных осадков Северо-Востока России. Рассмотрены причины аномально высоких значений магнитной восприимчивости в переходных слоях от позднего плейстоцена к голоцену. Магнитная фракция осадков озера Гранд представлена детритовыми титаномagnetитами и magnetитами. В осадках озер Грязевое, Соседнее, Водораздельное, Сапог высокие значения магнитной восприимчивости обусловлены аутигенными сульфидами железа, преимущественно, грейгитом. Полученные данные не подтверждают известное предположение о наличии импактного события на границе плейстоцена и голоцена.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, голоцен, озерные осадки, Северо-Восток России, магнито-минералогические данные, сульфиды железа, грейгит

DOI: 10.31857/S2686739723600182, **EDN:** UKKFMJ

Для терминального плейстоцена характерно несколько чередующихся теплых и холодных климатических событий. В конце ледникового периода около 14.7 тыс. кал. лет назад началось потепление, получившее название Беллинг-Аллеред. Нижняя граница этого события (14.7 тыс. кал лет) совпадает с границей морских изотопных стадий (МИС) 1 и 2, широко используемых в стратиграфии плейстоцена и голоцена. Это потепление сменилось кратковременным периодом холодного климата, названным поздний дриас (11.7–12.9 тыс. кал. лет). По окончании этого события, на уровне 11.7 тыс кал. лет, проводится граница плейстоцена и голоцена [1, 2]. В этой связи голоцен и МИС 1 имеют разные возрастные объемы.

Климатическая перестройка в конце плейстоцена носила глобальный характер. Названные кратковременные климатические события выделяются во многих регионах мира, однако не повсеместно. В одних районах не диагностируется Беллинг-Аллеред [3], в других — поздний дриас [4]. Радиоуглеродные датировки часто являются

определяющими для идентификации климатических событий этого временного интервала.

В 2007 г. появилась работа Файестоуна и соавт. [5], в которой утверждалось, что похолодание в позднем дриасе обусловлено внеземным импактным событием. В пользу этого предположения приводились находки в разрезах пограничных слоев Северной и Южной Америки, Европы, Азии магнитных частиц с включением иридия, магнитных микросферул, стеклообразных частиц углерода, включающих наноалмазы, элементов группы платиноидов и др. Слои, обогащенные магнитными сферулами, выделяются по высоким значениям магнитной восприимчивости [6]. Доводы за и против импактной природы позднего дриаса изложены в обзорных публикациях [7, 8].

На Северо-Востоке России многие озера имеют ледниковое происхождение и образованы в конце плейстоцена. Осадки этих озер несут информацию об изменениях природной среды в переходный период от позднего плейстоцена к голоцену, включая временной интервал, соответствующий событиям Беллинг-Аллеред и поздний дриас. Во многих изученных озерных разрезах вблизи границы плейстоцена и голоцена выделяются слои с аномально высокими величинами магнитной восприимчивости. Выяснение причин, обусловивших повышенные значения магнитных характеристик и их связи с импактным событием, является целью настоящих исследова-

¹Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Магадан, Россия

*E-mail: minyuk@neisri.ru



Рис. 1. Местоположение объектов исследования.

ний. Проведение детальных магнито-минералогических исследований стимулировали находки магнитных сферул в магнитных фракциях из склоновых отложений вблизи озер.

Объектами исследований являются озера Грязевое, Гранд, Соседнее, Водораздельное, Сапог, расположенные в Сусуманском, Ягодинском и Хасынском округах Магаданской области (рис. 1). Озера имеют ледниковое происхождение и находятся в зоне распространения вулканогенных и осадочных пород юрского и мелового возраста, а также плейстоценовых ледниковых образований.

Бурение озер проводилось с использованием пробоотборника Ливингстона [9]. Керна осадков исследованы различными методами, включая оптический, петромагнитный, минералогический в СВ ЦКП СВКНИИ ДВО РАН. Для возрастной привязки разрезов использованы данные радиоуглеродного датирования (оз. Гранд, Грязевое), а также материалы палинологического (оз. Гранд, Грязевое, Водораздельное, Сапог) и диатомового (оз. Гранд, Грязевое) анализов.

Измерения магнитной восприимчивости (МВ) осадков и исследование ее при высоких температурах выполнены на многофункциональном каппаметре MFK 1FA с термоприставкой CS3 ("AGICO Ltd"). Прогрев производился в воздушной и аргоновой средах. Гистерезисные параметры, включая остаточную намагничен-

ность 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 [10]. Измерения J_i в процессе нагрева выполнены на магнитных весах Кюри [10].

Исследования элементного состава магнитной фракции проведены методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС) на сканирующем электронном микроскопе EVO-50 с ЭДС-детекторами AXS XFlash фирмы "Bruker" и системой рентгеновского микроанализа Quantax Esprite 1.9.

Оз. Гранд входит в группу Эликчанских озер, расположенных на водоразделе Арктического и Тихоокеанского бассейнов (151°53' в.д., 60°44' с.ш.). В озере на различных глубинах пробурена серия скважин. Отложения скважины Гр-15 представлены в верхней части массивными оливково-серыми органогенными алевритами, которые вниз по разрезу сменяются слоистыми сизовато-серыми алевритами. (рис. 2). Детально исследована магнитная фракция из пограничных отложений между плейстоценом и голоценом с уровня 323–324 см, где величины МВ максимальные и достигают $1.341 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$ (рис. 2).

Магнитная фракция сильномагнитных осадков сложена титаномагнетитами с содержанием титана от 0.5 до 13.7 мас. % (среднее 7.7 мас. %) (рис. 3 д). По облику зерен, минеральному составу она не отличается от магнитных фракций других уровней осадочного чехла озера, исследованных по разрезам соседних скважин, а также от магнитных фракций, экстрагированных из делювиальных отложений [11]. Судя по отношениям J_{rs}/J_s и B_{cr}/B_c , магнитные частицы являются преимущественно многодоменными (рис. 4 в). Согласно данным термомагнитного анализа Точки Кюри титаномагнетитов составляют около 530°C (рис. 4 а). Магнитных сферул во фракциях не обнаружено. Источником титаномагнетитов являются окружающие озеро вулканогенные породы мелового возраста. Для оз. Гранд осадки холодных климатических стадий менее магнитные, чем осадки, сформированные в периоды теплого климата [11]. В голоцене в бассейне озера доминировало биогенное осадконакопление, детритовый материал разбавлен органическим веществом и биогенным кремнеземом, приводящие к занижению магнитной восприимчивости. Исследованный пик магнитной восприимчивости маркирует начало теплого периода, когда вклад биогенного накопления в бассейне был еще незначительным, однако эрозия и снос с прилегающих сопков уже активизировались (рис. 2).

Оз. Грязевое (неформальное название) расположено в небольшой седловине вблизи посел-

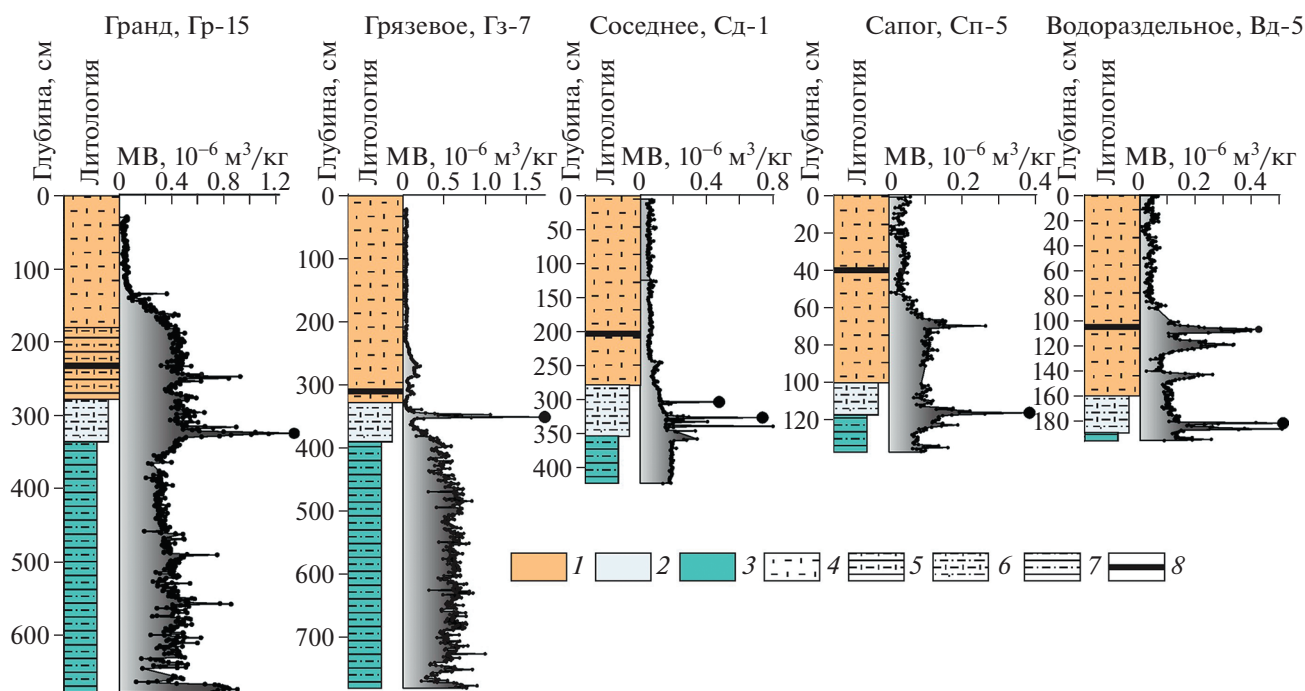


Рис. 2. Магнито-литологическая характеристика озерных осадков: 1 — голоценовые осадки; 2 — позднелейстоценовые осадки; 3 — переходные слои; 4 — органогенный массивный алевроит; 5 — органогенный слоистый алевроит; 6 — органогенный неяснослоистый алевроит; 7 — слоистый алевроит; 8 — тефра. Большим кружком обозначены уровни исследований магнитных фракций.

ка Талая ($61^{\circ}08'21.18''$ с.ш., $152^{\circ}19'57.22''$ в.д.) (рис. 1). В семи пробуренных скважинах разрезы однотипные — верхняя часть сложена массивными органо-генными оливково-серыми алевроитами, которые подстилаются слоистыми сизовато-серыми алевроитами (рис. 2). По данным радиоуглеродного датирования и диатомового анализа осадки сформированы в конце плейстоцена — голоцене [12]. Спорово-пыльцевые спектры переходных слоев отражают направленные изменения климата от холодных к теплым условиям. Интервал с максимальными значениями магнитной восприимчивости, достигающими значения $1.72 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$, исследован в переходных слоях скв. Гз-7 в интервале глубин 344–352 см. (рис. 2).

В магнитном экстракте установлено несколько минеральных фаз: 1) обломочные малотитанистые титаномagnetиты с содержанием титана от 0.5 до 7.9 мас. % (среднее 3.62 мас. %) и точками Кюри $\sim 555^{\circ}\text{C}$; 2) обломочные зерна сфалерита; 3) аутигенные скопления сульфидов, в основном, фрамбоидально-игльчатой формы грейгит-пирротинового состава (рис. 3 е). Аутигенный игльчатый пирротин отмечался ранее в морских осадках (рис. 3 ж) [13]. Состояние магнитных частиц фракции однодоменное: $J_{rs}/J_s = 0.52$, $B_{cr}/B_c = 1.43$ (рис. 4 и).

Грейгит диагностируется на кривых термомагнитного анализа по спаду МВ и J_i при температу-

ре около $400\text{--}420^{\circ}\text{C}$ (рис. 4 ж, з) [14, 15]. Рост магнитной восприимчивости около 220°C , вероятно, обусловлен трансформацией гидроксидов железа в окисные формы, возможно, магнетит (маггемит), хотя не исключено, что характерный горб МВ при температурах $250\text{--}280^{\circ}\text{C}$ является пиком Гопкинсона грейгита [15]. По данным энергодисперсионного микроанализа состав некоторых частиц может соответствовать пирротину, однако на кривых нагрева спада МВ около точки Кюри моноклинного пирротина (320°C) не наблюдается. Этот минерал образуется в процессе нагрева образцов в воздушной среде, вследствие разложения пирита, и диагностируется на кривых остывания (рис. 4 ж). Осадки оз. Грязевое на других уровнях включают немагнитные сульфиды железа, представленные фрамбоидальным пиритом (рис. 3 з).

Оз. Соседнее находится на юго-западном берегу озера Джека Лондона, в устье руч. Неведомый ($62^{\circ}3'29''$ с.ш., $149^{\circ}31'22''$ в.д.) (рис. 1). В озере пробурено 3 скважины (Сд-1, 2, 4). Мощность осадков самой длинной колонки (Сд-1) составляет 424 см. В верхней части разреза скважины Сд-1 установлены оливково-серые неслоистые органо-генные алевроиты с прослоем тефры на глубине 201–202 см, которые вниз по колонке сменяются тонкослоистыми сизо-серыми алевроитами (рис. 2).

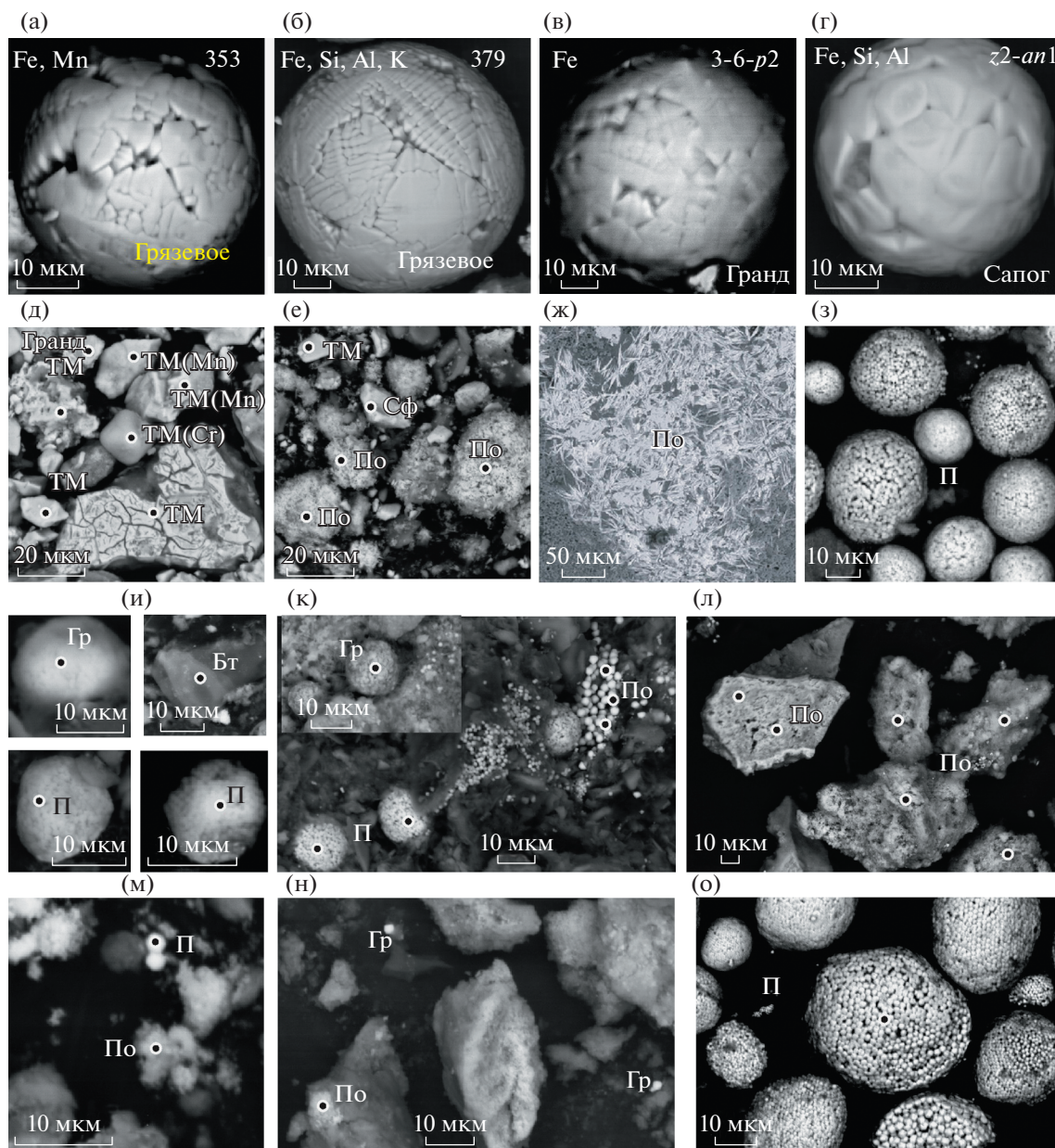


Рис. 3. Микрофотографии магнитных фракций, изображения в обратно-рассеянных электронах: магнитные сферулы из делювия (а–г); магнитные фракции осадков оз. Гранд (д), оз. Грязево (е); аутигенный игольчатый пирротин (ж) [13]; пиритовые фрамбоиды оз. Грязево (з); магнитная фракция оз. Соседне (и), оз. Сапог (к, л), оз. Водораздельное (м, н); пиритовые фрамбоиды оз. Водораздельное (о). М – магнетит, ТМ – титаномагнетит, ТМ(Мn), ТМ(Сг) – титаномагнетит с марганцем, хромом, Гр – грейгит, П – пирит, По – пирротин, Сф – сфалерит, Бт – биотит.

Осадки оз. Соседнее, по данным радиоуглеродного датирования и палинологического анализа, сформированы в конце позднего плейстоцена-голоцене [16].

Магнитная фракция отсепарирована из сильномагнитных прослоев с глубин 304, 307 см. Кривые термомагнитного анализа $J_l(T)$ идентичные (показан образец с гл 304, рис. 4 д). На них отчетливо выделяются магнитные фазы, соответствующие гидроксидам железа, грейгиту и магнетиту

(титаномагнетиту). Судя по отношениям J_{rs}/J_s (0.50) и B_{cr}/B_c (1.48) магнитные частицы однодоменные (рис. 4 е). По данным ЭДС во фракции установлены фрамбоидальные сульфиды железа (рис. 3 и), которые по составу близки к пириту и грейгиту. Среди других минералов отмечены многочисленные зерна биотита. В процессе нагрева образцов в воздушной среде вследствие температурного разложения пирита образуется пирротин (рис. 4 г).

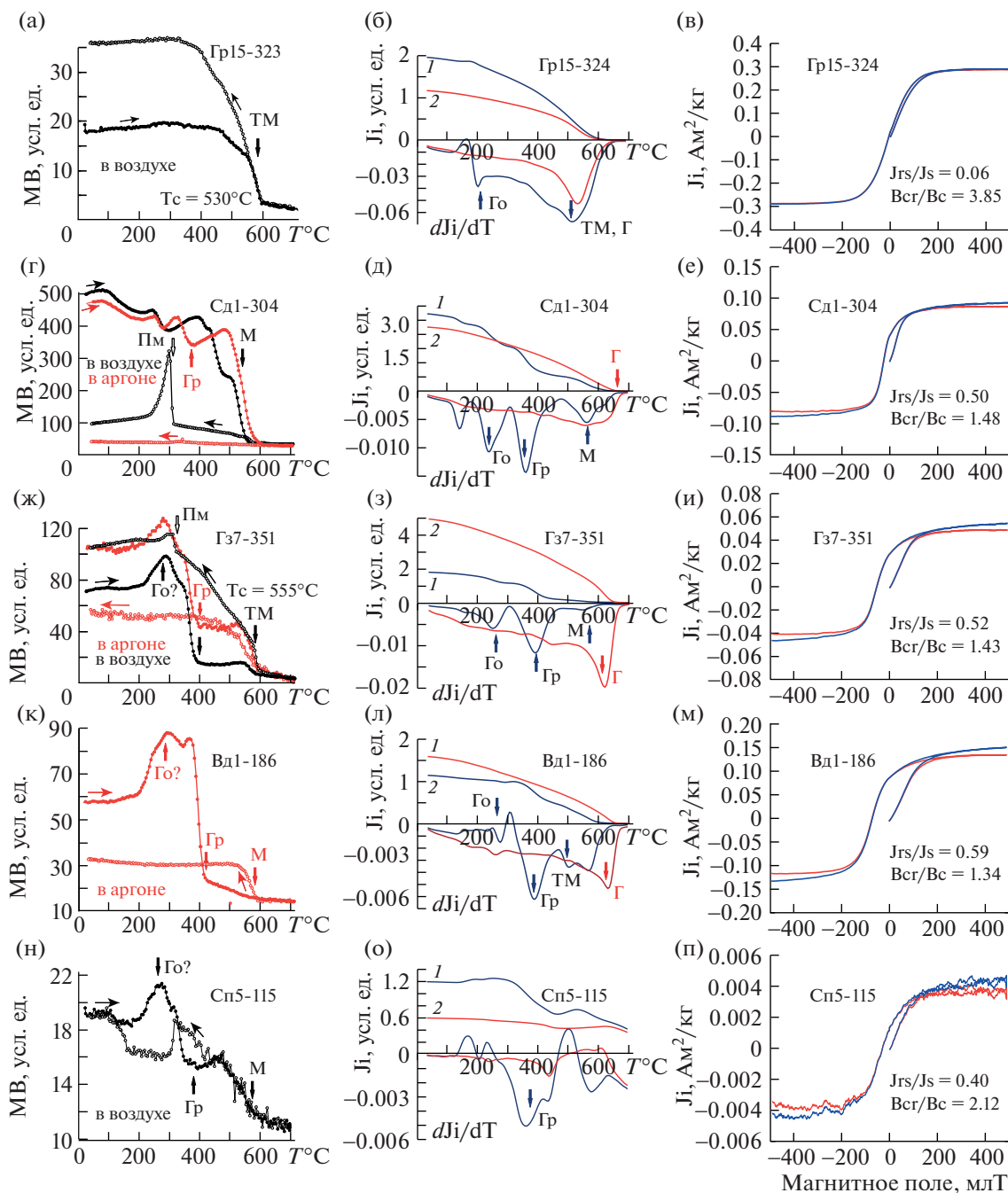


Рис. 4. Термомагнитные и гистерезисные данные магнитных фракций: (а, г, ж, к, н) — кривые термокаппетрии; (б, д, з, л, о) — кривые термомагнитного дифференциального анализа, 1(2) — кривые первого (второго) нагрева; (в, е, и, м, п) — гистерезисные петли, красным цветом обозначены петли после корректировки на парамагнитную составляющую. М — магнетит, ТМ — титаномagnetит, Го — гидроокислы железа, Гр — грейгит, Г — гематит, Пм — моноклинный пирротин.

Оз. Сапог (неформальное название) расположено в области распространения ледниковых отложений вблизи крупного озера Малый (63°29'9" с.ш., 147°50'41" в.д.) (рис. 1). Мощность осадков озера, по данным бурения 5 скважин, составляет менее двух метров. Отложения, вскрытые скв. Сп-5, сложены в верхней части темно-се-

рыми неслоистыми органогенными алевроитами с включениями тефры на гл. 40.5 см, которые вниз по разрезу сменяются слоистыми, сизовато-серыми алевроитами (рис. 2). Смена спорово-пыльцевых спектров отмечена в интервале глубин 100–117 см.

Магнитная фракция осадков с глубины 116–116.5 см, имеющих повышенные значения МВ,

представлена преимущественно сульфидами железа разного состава и строения. Фрамбоидальные сферулы сложены пиритом и грейгитом, мелкие образования размером 1–2 мкм по составу ближе к пирротинам (рис. 3 к, л). Во фракции отмечены угловатой формы скопления, состоящие из Fe (среднее 44.33 мас. %), S (среднее 4.32 мас. %), Mn (среднее 2.53 мас. %), O (среднее 26.13 мас. %). Марганец во фрамбоидах не отмечен. Возможно, эти агрегаты связаны с гидроксидами железа. Магнитные частицы фракции однодоменные (рис. 4 п). На кривых терромагнитного анализа, полученных в процессе нагрева, наблюдается основной спад MB и J_i около 400°C, обусловленный грейгитом (рис. 4 н, о). Характерный рост MB в процессе нагрева, возможно связанный с гидроксидами железа, начинается при температуре около 200°C (рис. 4 н).

Оз. *Водораздельное* находится на водоразделе между крупными озерами Ближнецы и Момонтай (63°44'8" с.ш., 148°13'4" в.д.) в области распространения ледниковых отложений (рис. 1). В скважине ВД-1, пробуренной из центральной части озера, установлены в верхней части темно-серые неслоистые органогенные алевроиты с прослоем тефры на глубине 107–108 см, которые постепенно сменяются на сизовато-серые неясно-слоистые алевроиты с дресвой в основании (рис. 2).

В магнитной фракции, отсепарированной из осадков с высокими значениями MB (гл. 186 см), по данным ЭДС диагностированы фрамбоидальные сульфиды железа, близкие по составу к пириту и грейгиту (рис. 3 м, н). Отношение Fe:S в них составляет 0.9 и 1.1–1.3 соответственно. Пирит фрамбоидальной формы отмечен на других уровнях (рис. 3 о). Часть сульфидных зерен показывают высокие содержания Fe (до 52 мас. %), кислорода (до 26 мас. %), однако низкие содержания серы (14.1–27.2 мас. %), с примесью кремния (до 5.3 мас. %) и алюминия (до 3.5 мас. %). Магнитные частицы однодоменные, с высоким отношением J_{rs}/J_s (0.59) и низким значением B_{cr}/B_c (1.34) (рис. 4 м). На кривых MB(T) выявлен рост магнитной восприимчивости при температуре около 210°C и резкий спад около 400°C, который связывается с разрушением грейгита (рис. 4 к). Грейгит также диагностируется на дифференциальных кривых терромагнитного анализа (рис. 4 л).

Таким образом, наши данные не подтверждают импактный генезис осадков на границе плейстоцена и голоцена. Для импактных отложений характерны элементы платиновой группы, включения угольков, сажи, наноалмазов, силикатных и железосодержащих сферул с дендритной поверхностью [6, 8]. Из перечисленных индикаторов железосодержащие сферулы могут влиять на магнитные свойства осадков.

Повышенные значения магнитной восприимчивости в переходных слоях между плейстоценом и голоценом обусловлены детритовыми титаномагнетитами и магнетитами в осадках оз. Гранд и аутигенными сульфидами железа в осадках озер Грязевое, Водораздельное, Сапог, Соседнее. Среди сульфидов отмечены пирит и грейгит фрамбоидальной формы, а также игольчатые скопления, близкие по составу к пирротину. На кривых терромагнитного анализа точек Кюри моноклинного пирротина не отмечено. Магнитных сферул в отсепарированных фракциях не обнаружено, хотя они найдены в магнитных фракциях из склоновых отложений, опробованных вблизи озер (рис. 3 а–г). В сферулах доминирует железо, некоторые из них включают примесь Si, Al, Mn, Ti. Предполагается вулканогенное происхождение сферул [17, 18].

В озерных осадках повышенные скопления магнитных сульфидов выявлены приблизительно на одном стратиграфическом уровне в пограничных слоях между плейстоценом и голоценом. По палинологическим данным для этого интервала установлена перестройка растительного покрова вблизи озер, вызванная потеплением климата. В озерных бассейнах произошла смена условий седиментации от аноксидных позднего плейстоцена до окислительных в голоцене. В начале голоценового потепления в водные бассейны поступало больше органического вещества, выделяя сероводород при разложении, который, взаимодействуя с растворенным железом, мог образовывать сульфиды [13].

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены за счет средств Российского научного фонда, проект № 22-27-00444.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cohen K.M., Gibbard P.L. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2019 Q1-500 // Quaternary International. 2019. V. 500. P. 20–31.
2. Walker M., Head M.J., Berklehammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L., Fisher D., Gkinis V., Long A., Lowe J., Newnham R., Rasmussen S.O., Weiss H. Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries // Episodes. 2018. V. 41. № 4. P. 213–223.
3. Liu X., Colman S.M., Brown E.T., Henderson A.C. G., Werne J.P., Holmes J.A. Abrupt deglaciation on the northeastern Tibetan Plateau: evidence from Lake Qinghai // Journal of Paleolimnology. 2014. V. 51. P. 223–240.
4. Kokorowski H.D., Anderson P.M., Mock C.J., Lozhkin A.V. A re-evaluation and spatial analysis of evidence

- for a Younger Dryas climatic reversal in Beringia // *Quaternary Science Reviews*. 2008. V. 27. P. 1710–1722.
5. Firestone R.B., West A., Kennett J.P., Becker L., Bunch T.E., Revay Z.S., Schultz P.H., Belgya T., Kennett D.J., Erlandson J.M., Dickenson O.J., Goodyear A.C., Harris R.S., Howard G.A., Kloosterman J.B., Lechler P., Mayewski P.A., Montgomery J., Poreda R., Darrah T., Hee S.S.Q., Smith A.R., Stich A., Topping W., Wittke J.H., Wolbach W.S. Evidence for an extraterrestrial impact 12,900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2007. V. 104. № 41. P. 16016–16021.
 6. Ardelean C.F., Israde-Alcántara I., González-Hernández R., Arroyo-Cabral J., Solís-Rosales C., Rodríguez-Ceja M., Pears B.R., Watling J., Macías-Quintero J.I., Ocampo-Díaz Y.Z.E. The Younger Dryas black mat from Ojo de Agua, a geoarchaeological site in Northeastern Zacatecas, Mexico // *Quaternary International*. 2018. V. 463. P. 140–152.
 7. Pinter N., Scott A.C., Daulton T.L., Podoll A., Koeberl C., Anderson R.S., Ishman S.E. The Younger Dryas impact hypothesis: A requiem // *Earth-Science Reviews*. 2011. V. 106. P. 247–264.
 8. Sweatman M.B. The Younger Dryas impact hypothesis: Review of the impact evidence // *Earth-Science Reviews*. 2021. V. 218. 103677.
 9. Wright Jr.E., Mann D.H., Glaser P.H. Piston corers for peat and lake sediments // *Ecology*. 1984. V. 65. P. 657–659.
 10. Буров Б.В., Нургалеев Д.К., Ясонов П.Г. Палеомагнитный анализ. Ред. В.П. Боронин. Казань: изд-во Казан. ун-та, 1986. 167 с.
 11. Minyuk P., Subbotnikova T. Rock magnetic properties of Grand Lake sediments as evidence of environmental changes during the last 60000 years in North-East Russia // *Boreas*. 2021. <https://doi.org/10.1111/bor.12546>
 12. Черепанова М.В., Минюк П.С., Пожидаева Д.К., Бурнатный С.С. Реакция диатомовых водорослей озера Грязевое (Магаданская область) на изменения окружающей среды северного Приохотья в позднем плейстоцене-голоцене // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2022. № 3. Вып. 55. С. 70–86.
 13. Roberts A.P. Magnetic mineral diagenesis // *Earth-Science Reviews*. 2015. V. 151. P. 1–47.
 14. Минюк П.С., Тюкова Е.Э., Субботникова Т.В., Казанский А.Ю., Федотов А.П. Термокаппаметрия природных сульфидов железа Северо-Востока России // *Геология и геофизика*. 2013. Т. 54. № 4. С. 601–614.
 15. Roberts A.P., Chang L.A., Rowan C.J., Horng C.S., Florindo F. Magnetic properties of sedimentary greigite (Fe₃S₄): an update // *Reviews of Geophysics*. 2011. V. 49. RG1002. <https://doi.org/10.1029/2010RG000336>
 16. Lozhkin A.V., Anderson P.M., Eisner W.R., Ravako L.G., Hopkins D.M., Brubaker L.B., Colinvaux P.A., Miller M.C. Late Quaternary lacustrine pollen records from southwestern Beringia // *Quaternary Research*. 1993. V. 39. P. 314–324.
 17. Хенкина С.Б. Продукты ликвации в породах мелового-палеогенового возраста Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) и особенности их металлоносности // *ДАН СССР*. 1978. Т. 238. № 2. С. 433–436.
 18. Bunch T.E., Hermes R.E., Moore A.M.T., Kennett D.J., Weaver J.C., Wittke J.H., DeCarli P.S., Bischoff J.L., Hillman G.C., Howard G.A., Kimbel D.R., Kletetschka G., Lipo C.P., Sakai S., Revay Z., West A., Firestone R.B., Kennett J. P. Very high-temperature impact melt products as evidence for cosmic airbursts and impacts 12,900 years ago // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2012. V. 109. № 28. E1903–E1912.

MAGNETO-MINERALOGICAL ANOMALIES AT THE PLEISTOCENE-HOLOCENE BOUNDARY IN LAKE SEDIMENTS OF NORTHEASTERN RUSSIA

P. S. Minyuk^{a, #}, D. K. Pozhidaeva^a, O. T. Sotskaya^a,
Correspondent Member of the RAS V. V. Akinin^a, and M. A. Morozova^a

^aN.A. Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russian Federation

[#]E-mail: minyuk@neisri.ru

The results of the study of lake sediments in the North-East of Russia are presented. The reasons for the abnormally high values of magnetic susceptibility in the transition layers from the Late Pleistocene to the Holocene are considered. The magnetic fraction of Lake Grand sediments is represented by detrital titanomagnetites and magnetites. In the sediments of the Gryazevoe, Sosednee, Vodorazdelnoye, and Sapog lakes, high values of magnetic susceptibility are due to autigenic iron sulfides, mainly greigite. The data obtained do not confirm the well-known assumption about the presence of an impact event at the boundary of the Pleistocene and Holocene.

Keywords: Late Pleistocene, Holocene, lake sediments, North-East of Russia, magnetic susceptibility, iron sulfides, greigite