

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА И СРЕДЫ ОХОТСКОГО МОРЯ
НА ГЕНЕЗИС И МАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ МАГНИТНЫХ МИНЕРАЛОВ ДОННЫХ ОСАДКОВ****Малахова Г.Ю.¹, Горбаренко С.А.², Малахов М.И.¹, Харада Н.³**¹Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан, malakhov@neisri.ru²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток³Институт исследования мониторинга глобальных изменений, г. Иокосука

Изучение донных осадков Охотского моря представляет огромный интерес с точки зрения реконструкции палеоклимата, как в региональном, так и глобальном масштабах. Для ее решения исследователи используют различные методы: литологические, палеонтологические и физические. Одним из компонентов донных грунтов являются магнитные минералы. Последние несут информацию об условиях их формирования в окружающей среде.

Хорошая сходимость кривых хода магнитной восприимчивости и изотопных записей по океанским колонкам привела к тому, что в практику изучения палеоклимата успешно начал внедряться новый физический метод – петромагнитный [11]. Данный метод [4], изучающий концентрацию, состав и магнитное состояние (доменную структуру) зерен, может быть причислен к экспресс-методу получения различных скалярных магнитных сигналов вдоль изучаемого разреза.

Совокупность основных петромагнитных параметров включает в себя магнитную восприимчивость (K), идеальную (безгистерезисную) остаточную намагниченность (J_n), изотермическую остаточную намагниченность насыщения (J_{rs}); намагниченность парамагнитной компоненты в поле 0.5 Т (J_p); намагниченность насыщения за вычетом парамагнитной компоненты (J_s); коэрцитивную силу намагниченности насыщения за вычетом влияния парамагнитной компоненты (B_c), коэрцитивную силу остаточной намагниченности насыщения (B_{cr}); положение максимума коэрцитивного спектра (нормальное намагничивание вдоль оси a диаграммы Прейзаха-Нееля) (B_{da}); положение максимума коэрцитивного спектра (нормальное намагничивание вдоль оси b диаграммы Прейзаха-Нееля) (B_{db}) [5].

В настоящем сообщении получен ответ на два вопроса: первый – какие скалярные магнитные параметры донных осадков, наряду с магнитной восприимчивостью, чувствительны к изменениям среды и климата и можно ли их отнести к климатически-информативным; второй – каков возможный механизм записи климатического сигнала петромагнитными параметрами.

Колонка MR 06-04 PC-7R (51°16,87' с.ш., 149°12,57' в.д.; глубина моря 1256 м, длина керна 1720 см) была отобрана поршневым пробоотборником из центральной части Охотского моря во время Российско-Японской экспедиции 2006 году на исследовательском судне Mirai. Магнитные характеристики получены с помощью оборудования российского и чешского производства: Казанский университет (магнитные весы Фарадея, коэрцитивный спектрометр [1, 9], Рудгеофизика (ИОН-1), фирма AGICO (KLY-2, JR-5A, LDA-2A, AMU-1A).

Для решения поставленной задачи отобраны две группы образцов из осадочных горизонтов, формировавшихся в климатические фазы явно теплого (I группа) или холодного (II группа) периодов. Конструирование временного масштаба колонки выполнено на основе тефрохронологии, сравнения изменения магнитной восприимчивости, весового содержания крупной фракции ледового разноса, влагосодержания и хлорина, цветности (color “b”) и плотности осадка с морскими изотопно-кислородными стадиями (MIS) [8]. Сначала возрастные построения выполнены для последних 190 ткл [3], затем – для остальной части колонки. Независимый контроль возраста выполнен также на основе схемы корреляции нормированной характеристической намагниченности колонки PC-07R для последних 350 ткл с фрагментами кривых относительной палеонапряженности Sint-800 и колонки MD95-2039 [13]. Сходимость результатов определения возраста отдельных горизонтов по представленным выше литофизическим характеристикам и палеомагнитным данным очень высокая, что позволяет авторам сделать объективный вывод – формирование осадков нижней части колонки MR 06-04 PC-7R началось во время MIS 10 и накопление осадочного материала происходило непрерывно по настоящее время.

Данные магнитного гистерезиса показали, что магнитожесть образцов I группы выше, чем образцов II группы. Тем не менее, на диаграммах магнитного состояния наблюдаются области соприкосновения (пересечения) множеств, принадлежащих образцам соответствующих групп. Этот результат следовало ожидать, так как в основные тренды климатического механизма могли быть внесены шумы стохастической направленности. Образцы I группы содержат преимущественно однодоменную и псевдооднодоменную фракцию ферритмагнетика. Магнитные частицы осадков II группы крупнее – доминантой являются многодоменные зерна.

Образцы первой группы обладают кривыми дифференциального терромагнитного анализа с пиками в области температур 230-280°C и 450-470°C. Первый пик характеризует наличие в образцах магнитных сульфидов (грейгит, пирротин). Второй пик обусловлен наличием в осадках органики [1]. Спектр блокирующих температур в интервале 550-580°C у образцов второй группы более ярко выражен, так как соответствует крупной магнетитовой фракции обломочной характера.

Таким образом, в первом приближении, магнитный сигнал в донных осадках формируется наличием двух типов магнитных фракций и их смесей. Полученные данные магнито-минералогического анализа позволяют сделать заключение относительно происхождения указанных фракций и о возможности использования вариации их концентрации для реконструкции изменений условий окружающей среды.

Присутствие в одних и тех же образцах первой группы зерен магнетита и магнитного сульфида с магнитным состоянием близким к однодоменному может быть только в случае их аутигенного (биогенного) происхождения. Известно, что одни и те же магнитотактические бактерии при смене обстановки (парциального давления серы или кислорода) могут производить однодоменный магнетит или грейгит [7]. Псевдооднодоменный магнетит имеет терригенное происхождение.

Магнитная фракция II группы образцов имеет в основном аллотигенную природу. Она хуже «отсортирована», так как в ней наряду с мелкими псевдооднодоменными зёрнами присутствуют и крупные многодоменные частицы магнетита (с небольшой примесью титана) ледового разноса [2]. Тренды парамагнитной компоненты J_r осадков могут быть обусловлены изменением относительного содержания глинистых минералов в отложениях. Этот факт можно использовать для оценки доли терригенной компоненты (параллельно с происхождением крупной ферритмагнитной фракцией обломочных зерен), которая отражает интенсивность ледового разноса и холодного климата.

Преобладание аллотигенного (ледового разноса – как доминирующего) осадочного материала в холодные климатические стадии и аутигенного (биогенного – как конкурирующего с терригенным) – в теплые, свидетельствуют о быстрых изменениях среды и процессов седиментации в Охотском море вслед за вариациями климата региона. Из приведенных данных вырисовывается модель климатического влияния на процессы седиментогенеза через формирование отличительных черт магнитной фракции донных осадков, образовавшихся в теплые и холодные климатические периоды.

В теплых условиях при высокой биопродуктивности бассейна Охотского моря формировались осадки, магнетик которых представлял частицы, в основном, с однодоменной структурой. Можно предполагать наличие в таких осадках остатков магнитотактических бактерий [6, 10]. Они могут существовать в бассейне только в том случае, если в течение срока высокой палеобиопродуктивности на дне накапливался достаточный объем органического материала, необходимого для того, чтобы граница окислительной и восстановительной зон (ОВЗ) находилась в толще воды. Это является условием для существования магнитотактических бактерий, формирующих внутри себя однодоменные кристаллы так называемого биологически контролируемого магнетита [7].

В холодные сезоны основу магнитной фракции составлял аллотигенный магнетит ледового разноса (обломки изверженных и метаморфических пород). При подавленной биопродуктивности слой органического материала по-видимому очень мал и условия для существования магнитотактических бактерий практически отсутствуют. Так как граница окислительной и восстановительной зон в этом случае находится в осадке, то бактериям нет надобности ориентироваться в пространстве для перехода из восстановительной зоны на границу ОВЗ. В этом случае в осадках формируется так называемый биологически индуцированный магнетит [7]. Такой магнетит представлен очень мелкими суперпарамагнитными зёрнами.

Синхронное поведение сигналов от петромагнитных параметров и нормализованной стандартной изотопно-кислородной кривой позволяет сделать заключение об отсутствии резких изменений соотношения аллотигенного и аутигенного (биогенного) магнитного материала в донных осадках колонки РС-07R (рис. 1). Осадки Охотского моря надежно фиксируют два основных климатических механизма, которые циклически сменяли друг друга за последние 350 тыс. лет. Это «сезоны» с относительно высокой биопродуктивностью и «комфортными» условиями развития магнитотактических бактерий и холодные «сезоны» с пониженной биопродуктивностью, большой площадью покрытия льдом поверхности моря, доминирующим развитием процесса ледового разноса терригенного материала [2]. Два «качественных» состояния магнитной фракции (тепло, холод) отмечают также диаграммы параметров доменной структуры (рис. 2). Следует отметить, что форма сигналов повторяет зеркальное отображение стандартной изотопно-кислородной кривой (см. рис. 2). Параметры доменной структуры зависят от *гранулометрии* магнитных частиц, но не зависят от концентрации магнетика в осадке.

1. В результате петромагнитного исследования керна осадков из центральной части Охотского моря, обеспеченных предварительной возрастной шкалой, было определено, что при колебаниях климатических условий изменялся «количественный» и «качественный» состав магнетика в осадочных горизонтах за последние 350 тыс. лет.

2. В теплые периоды концентрация магнитных частиц уменьшалась из-за снижения действия механизма ледового разноса терригенной фракции, а биогенная деятельность магнитотактических бактерий не могла заместить снижение поставки терригенной магнитной фракции.

3. В холодные климатические сезоны биопродуктивность существенно подавлялась, петромагнитные характеристики осадков фиксировали увеличения концентрации терригенного магнетита.

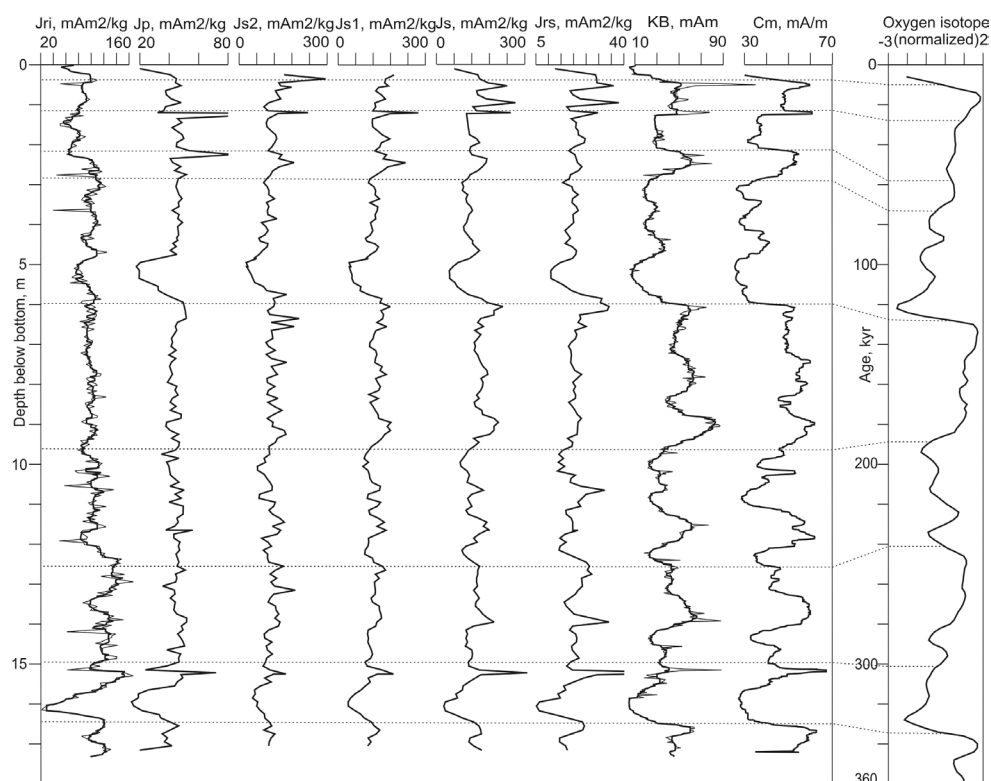


Рис. 1. Корреляция кривых хода различных климатозависимых петромагнитных параметров колонки MR0604-07R со стандартной изотопно-кислородной кривой (пунктиром показаны границы изотопно-кислородных стадий)

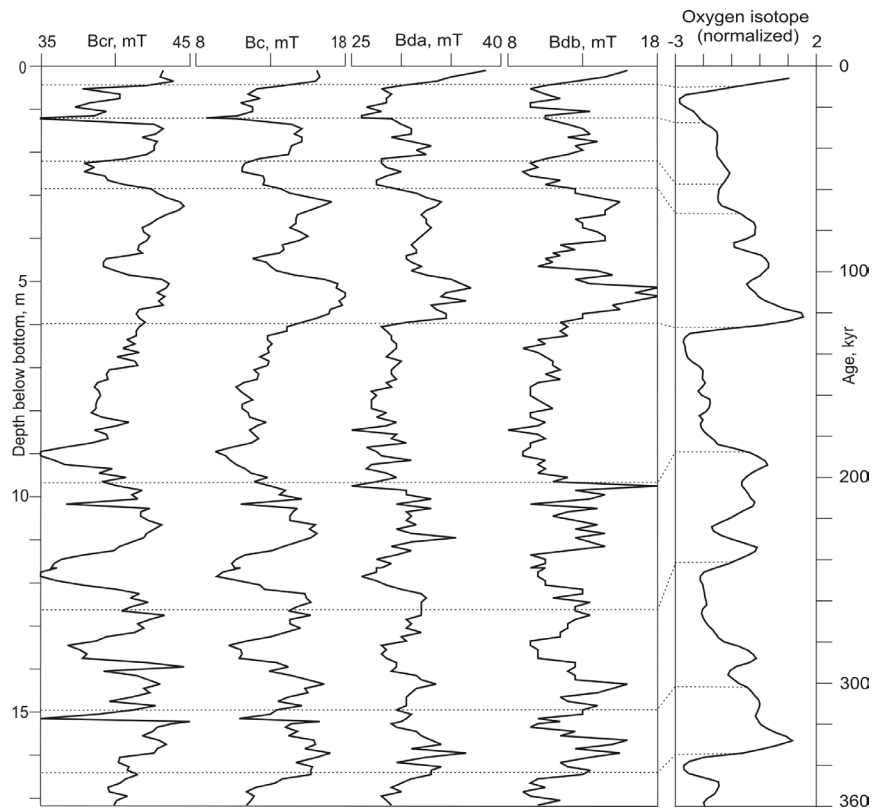


Рис. 2. Поведение параметров магнитного гистерезиса колонки MR 0604-07R (пунктиром показаны границы изотопно-кислородных стадий)

4. Параметры доменной структуры фиксировали изменение «качества» магнитной фракции. Во время теплых изотопно-кислородных стадий и подстадий в осадках наряду с псевдооднодоменным аллотигенным магнетитом преобладала значительная доля биологически контролируемых зерен магнетита и грейгита (пирротина). В холодные периоды накапливались отложения, содержащие смесь суперпарамагнитного биологически индуцированного магнетита, псевдооднодоменного и многодоменного обломочного магнетита. Форма сигналов, сформированных параметрами доменной структуры, зеркально повторяет сигнал, описывающий концентрацию различных гранулометрических групп магнитных зерен.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 07-05-00655-а, 06-05-91576 ЯФ-а) и грант ДВО РАН (03-2-0-00-006/143).

ЛИТЕРАТУРА

1. Буров Б. В., Нургалиев Д. К., Ясонов П. Г. Палеомагнитный анализ. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. 167 с.
2. Горбаренко С. А., Лесков В. Ю., Артемова А. В. и др. Ледовый покров Охотского моря во время последнего оледенения и голоцена // ДАН. 2003. Т. 388. № 5. С. 678–682.
3. Горбаренко С. А., Малахов М. И., Харада Н. и др. Тысячелетние изменения климата и среды Охотского моря за последние 190 тысяч лет в связи с глобальными изменениями // ДАН. 2008. (в печати)
4. Печерский Д. М. Петромагнетизм и палеомагнетизм. М.: Наука, 1985. 125 с.
5. Шолпо Л. Е. Использование магнетизма горных пород для решения геологических задач. Л.: Недра, 1977. 182 с.
6. Egli R. Characterization of individual rock magnetic components by analyzing remanence curves // Phys. Chem. Earth. 2004. Vol. 29. P. 869–884.
7. Frankel R. B., Zhang J.-P., Bazylinski D. A. Single magnetic domains in magnetotactic bacteria // J. Geophys. Res. 1998. Vol. 103. P. 30 601–30 604.
8. Gorbarenko S. A., Goldberg E. L., Kashgarian M. et al. Millennium scale environment changes of Okhotsk Sea during last 80 kyr and their phase relationship with global climate changes // J. Oceanography. 2007. Vol. 63. P. 609–623.
9. Jasonov P. G., Nourgaliev D. K., Burov B. V., Heller F. A. A modernized coercivity spectrometer // Geologica Carpathica. 1998. Vol. 49. P. 224–225.
10. Moskowitz B. M., Richard B., Frankel R., Bazylinski D. A. Rock magnetic criteria for the detection of biogenic magnetite // Earth Planet. Sci. Lett. 1993. Vol. 120. P. 283–300.
11. Nourgaliev D. K., Yasonov P. G., Kosareva L. R. et al. The origin of magnetic minerals in the Lake Khubsugul sediments (Mongolia) // Russian J. Earth Sci. 2005. Vol. 7. N 3. P. 1–6.
12. Spring S., Bazylinski D. Magnetotactic bacteria // The Prokaryotes: An evolving electronic resource for microbiological community / Dworkin M. (ed.). New York: Springer-Verlag, 2003.
13. Thouveny N., Carcaillet J., Moreno E. et al. Geomagnetic moment variation and paleomagnetic excursions since 400 kyr BP: a stacked record from sedimentary sequences of the Portuguese margin // Earth Planet. Sci. Lett. 2004. Vol. 219. P. 377–396.

ОБ УТОЧНЕНИИ СВОДНОГО КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ЗА ПЕРИОД С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО 2005

Маловичко¹ А.А., Годзиковская¹ А.А., Никонов² А.А., Чепкунас¹ Л.С., Габсатарова¹ И.П.

¹Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, amal@gsras.ru, godzanna@gsras.ru, luba@gsras.ru, ira@gsras.ru

²Институт физики Земли РАН, г. Москва, nik@ifz.ru

Изучение сейсмичности Восточно-Европейской платформы (ВЕП) по-прежнему актуально, без наличия единого Каталога землетрясений как за историческое время так и за инструментальный период невозможно проведение работ по сейсмическому районированию, по оценке сейсмической опасности в пределах ВЕП. С этой целью в 2007 г. был опубликован «Сводный каталог землетрясений территории Восточно-Европейской платформы за период с древнейших времен до 2005 г.» [1]. Он насчитывает 371 землетрясение с магнитудой ≥ 2.5 и охватывает всю территорию ВЕП, включая, в первую очередь, события регионов, обозначенных в Новом каталоге [2]: Европейская часть СССР, Урал (исключая Западную Сибирь) и Балтийский щит.

Однако «Сводный каталог...» требует дальнейшего анализа и уточнения, т.к. 1) нет анализа первичных материалов по каждому сейсмическому событию из вошедших в каталог [1], как исторического, так и инструментального периода, 2) в исторической части Каталога обнаруживаются неточности и пропуски, 3) не приведен список необходимых источников, 4) генерализованные границы ВЕП не всегда соответствуют геологическим границам, 5) период наблюдений заканчивается 2005 г., хотя он уже может быть расширен до 2007 г.

Работа по пункту «1» связана с тем, что к настоящему времени опубликовано несколько каталогов сейсмических событий, зарегистрированных на ВЕП и на сопредельных территориях. Как правило, эти каталоги яв-