ISSN 2074-8906

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ОБЩЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ОКТЯБРЬ-ДЕКАБРЬ

04/2013

Издается с 2002 г.

ТЕМА НОМЕРА:

Итоги полевого сезона

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Регистрация и обработка сейсмических данных в арктических условиях

Российский рынок геофизического сервиса 2010 - 2013 гг

Геологическая информативность магнетизма керна и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин

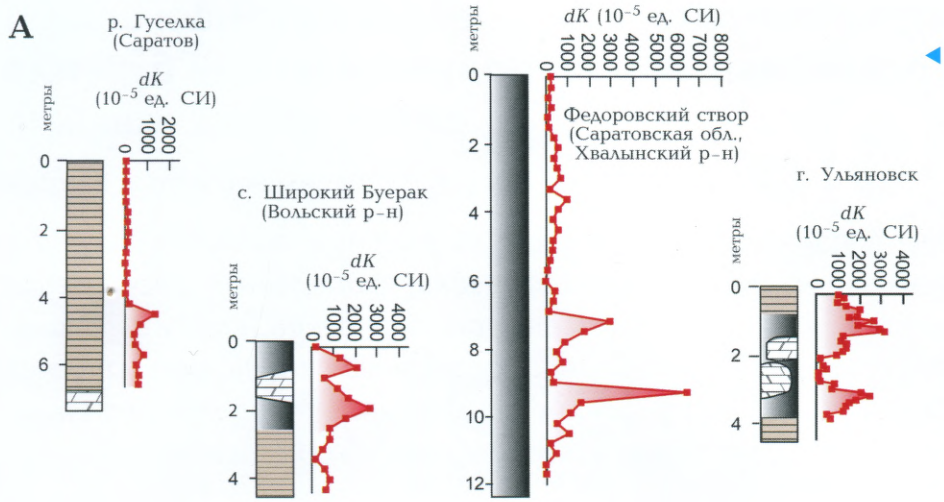
■ Гужиков А.Ю., СГУ им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов

Рассмотрены примеры использования данных о магнитных свойствах керна и шлама для решения некоторых задач геологоразведки: детального расчленения разрезов, индивидуализации продуктивных пластов, реконструкций среды осадконакопления, ориентировки керна. Выбраны примеры, связанные с изучением наиболее слабомагнитных осадочных пород, традиционно считавшихся неблагоприятными объектами для проведения палеомагнитных и петромагнитных исследований.

Методы палеомагнетизма широко используются для решения фундаментальных и практических проблем стратиграфии, в том числе при проведении геологосъемочных и поисковых работ. Уровни геомагнитных инверсий, соответствующие сменам режима полярности поля, являются важнейшими изохронными реперами, как для глобальных, так и региональных корреляций. Комплексное использование био- и магнитостратиграфических данных позволяет достичь наиболее детального сопоставления удаленных разрезов, контролировать диахронность границ как литологического, так и палеонтологического обоснования, выявлять перерывы в осадконакоплении и оценивать их длительность, уточнять возраст отложений [5, 18, 22 и др.].

Менее известна в региональных исследованиях роль петромагнитных данных (несмотря на то, что магнитостратиграфические подразделения де-юре могут быть и палео-, и петромагнитного обоснования [16], де-факто в унифицированных региональных стратиграфических схемах фигурируют пока только магнитополярные подразделения). Между тем, как показывает опыт, петромагнитные подразделения по латеральной устойчивости не уступают, а иногда и превосходят возможности корреляции по литологическим признакам. Например, нижнеаптские битуминозные сланцы, являющиеся региональным отражением глобального аноксического события OAE-1a [1], распространены на большей части Ульяновской, Самарской областей и на севере Саратовской области. К югу (на широте г.Саратова) битуминозно-сланцевые породы фациально сменяются глинами, но уровень горючих сланцев прослеживается в других фациях в разрезе р. Гуселка по петромагнитному признаку – приросту магнитной восприимчивости (dK), который фиксирует повышенные концентрации тонкодисперсного пирита (рис. 1а) [4]. Сильномагнитный интервал в верхнеготеривских отложениях, связанный с аутигенными магнитными сульфидами (пирротин, грейгит), латерально устойчив в региональном масштабе (от Москвы до Саратовского Заволжья) и представляет собой важный корреляционный репер, учитывая литологическую однородность и скудность палеонтологических находок в пограничных слоях готерива-баррема Русской плиты в целом (рис. 1б) [4]. Возможно, что он является региональным отражениями глобального позднеготеривского аноксического события “Faraoni” [4, 19].

В поисково-оценочных работах на первый план выступают задачи, связанные с детальным расчленением и корреляцией разрезов скважин, концентрирующихся вблизи месторождения, и продуктивных пластов, получением подробных литолого-седиментологических



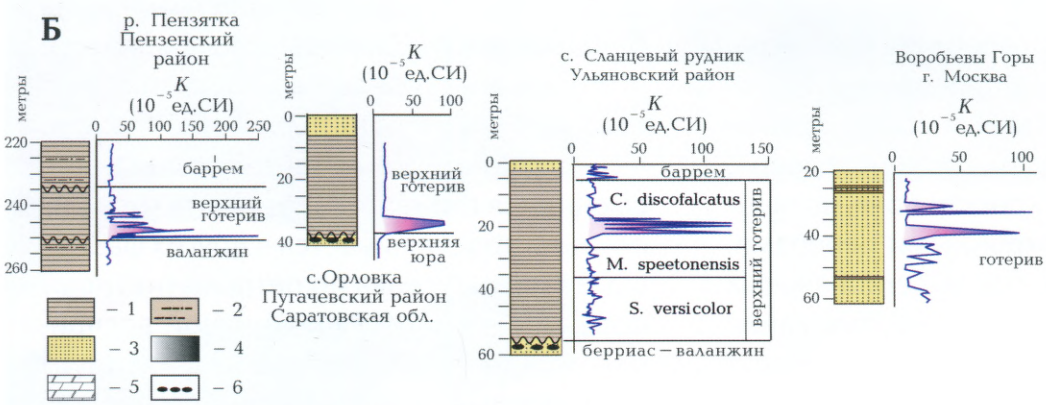


Рис. 1. Петромагнитные корреляционные уровни в нижнемеловых отложениях Русской плиты [4]: А - термокаппаметрические характеристики битуминозных сланцев нижнего апта (естественные обнажения). Б - магнитная восприимчивость верхнего готерива (картировочные скважины и естественное обнажение).

Условные обозначения: 1 - глины, 2 - алевриты, 3 - преимущественно песчаные отложения, 4 - битуминозные сланцы, 5 - мергели, 6 - фосфориты.

характеристик, определением форм и размеров залежей, оценкой их промышленной значимости. На этом этапе геологоразведочных работ палеомагнитные исследования наиболее актуальны в связи с возможностью полной ориентировки керна (верх-низ и по частям света). Реконструировав положение керна в пространстве, можно определить элементы залегания пластов, преимущественную ориентацию систем трещин, направления палеотечений, а также извлечь дополнительную палеомагнитную информацию и сведения об анизотропии петромагнитных параметров.

Сведения о скалярных магнитных характеристиках можно получить по любым образцам, в том числе по шламу скважин. (Перед измерениями шлам должен быть хорошо отмыт и очищен магнитом от железных частиц, попавших в результате истирания буровых труб и долота, а магнитная вытяжка из каждой пробы следует просмотреть под бинокуляром на предмет обнаружения в ней частиц ферромагнитных минералов природного происхождения.) С их помощью также может быть решен широкий круг геологических задач, связанных со стратификацией разрезов, выяснением состава и генезиса пород.

Важным достоинством петромагнитного метода, использующим скалярные характеристики, является его экспрессность и, как следствие, массовость. Например, высокоточные каппаметрические исследования (измерения магнитной восприимчивости - К) с помощью портативных приборов КТ-10 могут выполняться непосредственно в полевых

условиях на обнажениях или в кернохранилищах, или сразу же после извлечения керна из скважины (замер магнитной восприимчивости занимает секунды). Магнитная восприимчивость зависит от концентрации пара- и ферромагнитных минералов в породе (при значениях К > 20-30/10^{-5}ед.СИ ее, практически, определяется только концентрацией ферромагнетиков), и поэтому вариации К надежно фиксируют участки разреза с повышенными концентрациями тех или иных минералов (например, магнетита, гематита и др.). Зачастую уже по магнитной восприимчивости можно детально расчленить разрез, выявить седиментационную ритмичность, наметить корреляционные уровни, иногда решить и другие задачи, связанные, например, с определениями концентраций полезных и вредных компонентов в калийных солях [13].

Для оперативного получения и термокаппаметрической информации (об изменениях К пород после их нагрева до определенной температуры), кроме измерителя К, потребуется муфельная печь и дополнительное время (несколько часов), главным образом, на нагрев и остывание породы. По термокаппаметрическим данным выделяются интервалы, обогащенные тонкодисперсным пиритом, которые фиксируют либо слои с повышенными концентрациями органического вещества в исходном осадке, либо зоны эпигенетических изменений за счет вертикальной миграции углеводородов. Изначально немагнитный пирит при температурах 430-480°С в окислительной среде превращается в сильномагнитный магнетит, и, таким образом, вариации прироста магнитной восприимчивости (dK) = $K_t - K_0$, где K_t – магнитная восприимчивость после нагрева (термокаппа) до 500°С, а K_0 – исходная магнитная восприимчивость) по стратиграфическому разрезу отражают концентрации новообразованного магнетита, по которым можно судить о наличии FeS_2 в породах [9, 12]. Преимуществом петромагнитной диагностики является определение наличия сульфидов железа, независимо от размерности их фракции.

Изучение скалярных петромагнитных параметров в стационарных условиях, также требует минимальных временных и, соответственно, финансовых затрат, по сравнению с большинством видов лабораторных анализов, на которые передаются керн и шлам скважин. Зато дополнительные данные (например, материалы магнитного насыщения, дифференциального термомагнитного анализа), позволяют надежно диагностировать минералы-носители магнитных свойств, тем самым уточнив и детализировав геологические результаты, базирующиеся на каппаметрических и термокаппаметрических данных, и, нередко, получить новую стратиграфическую и литолого-седиментологическую информацию.

Для проведения палеомагнитных исследований желательны ориентированные («верх-низ») образцы керна, объем которых должен позволять выпилить из них либо кубики с ребром в 20 мм, либо цилиндры диаметром 25,4 мм и длиной 22 мм. Частичной ориентации, в большинстве случаев, достаточно для определений знака магнитной полярности. В случае произвольно взятого керна существует возможность его ориентировки, но эта методика связана с дополнительными трудозатратами и не всегда может гарантировать восстановление его положения в пространстве. Для определения магнитной полярности достаточно, как правило, 1-2 кубиков с каждого стратиграфического уровня.

Для изучения большинства петромагнитных параметров могут быть использованы любые образцы керна или хорошо отмытого шлама, объемом не менее 8 $см^3$. Некоторые петромагнитные характеристики, например анизотропия магнит-

ной восприимчивости, могут быть получены только по ориентированному керну.

В рассмотренных ниже примерах использования данных о магнетизме пород в решении геологических задач для получения палео- и петромагнитных данных использовалось следующее оборудование: для измерений магнитной восприимчивости – каппа-бридж MFK1-FB, для нагревов образцов до температуры 500°С – муфельная электропечь СНОЛ 6/11-В, для замеров намагниченности – спин-магнитометр JR-6, для магнитных чисток переменным магнитным полем – демагнитизатор LDA-3AF, для опытов магнитного насыщения – электромагнит с максимальной интенсивностью поля 700 мТл.

Результаты каппаметрических и термокаппаметрических исследований шлама из палеозоя Саратовского Правобережья (Лысогорский район) [3].

Пробы шлама (массой по 10-20 г) из девонско-каменноугольной толщи, предварительно очищенные от посторонних примесей путем отмывки и отмагничивания, были подвергнуты измерениям магнитной восприимчивости до и после прогрева образцов до 500°С в течение часа. В совокупности графики К и dK способствуют уточнению шламограммы, дополнительному расчленению горизонтов, дополнительному обоснованию стратиграфических границ, индивидуализации стратонов.

На рис. 2, где приведены фрагменты разреза скважины, можно видеть, что в карбонатной толще верхов франа – низов фамена диамагнитные доломиты четко отличаются от парамагнитных известняков по отрицательным (до $(-2)\cdot10^{-5}$ ед. СИ) и положительным (до $4\cdot10^{-5}$ ед. СИ) значениям магнитной восприимчивости, соответственно. Положительные значения К на отметках глубин 2170 м и 2200 м позволяют скорректировать шламограмму и сделать вывод о наличие доломитовой составляющей в этом интервале.

Верейский горизонт по магнитной восприимчивости четко подразделяется на две части: нижнюю – сильномагнитную (К до $100\cdot10^{-5}$ ед.СИ и более) и верхнюю – слабомагнитную (К менее $20\cdot10^{-5}$ ед.СИ). Мелекесскому горизонту и сильномагнитной частью верейского соотве-

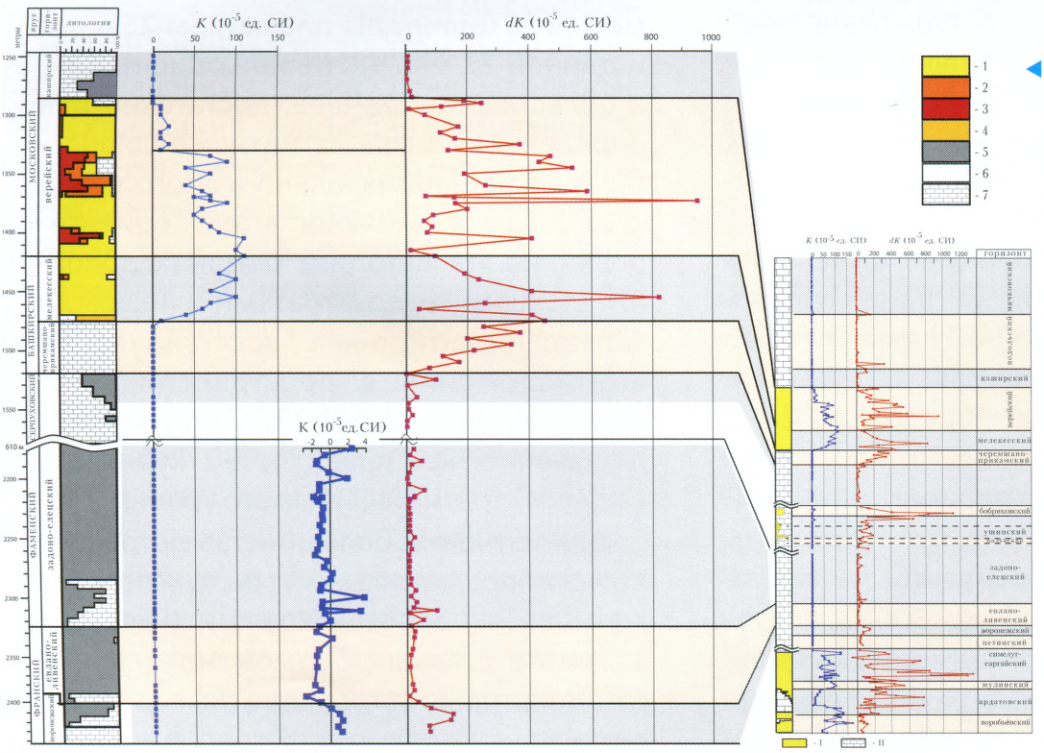


Рис. 2. Петромагнитные характеристики верхнедевонских-среднекаменноугольных отложений Саратовского Правобережья (Лысогорский район), полученные по шламу разведочной скважины [3]. Условные обозначения:
1 -глина,
2 - алевролит,
3 - песчаник,
4 - аргиллит,
5 - доломит,
6 - мергель,
7 - известняк.
I - терригенные породы,
II - карбонатные породы.

тствуют два петромагнитных ритма: более и менее сильномагнитный ($К_{ср.}$=76·10^{-5} ед.СИ и $К_{ср.}$= 63·10^{-5} ед.СИ, соответственно). Полная запись петромагнитной ритмичности характеризуется плавным возрастанием и убыванием значений параметров, а резкие изменения в поведении петромагнитных характеристик приурочены, как правило, к поверхностям размыва, разделяющим породы, формировавшиеся в существенно разных условиях. Скачкообразный перепад значений К на глубине 1332 м отражает смену седиментационной обстановки и, скорее всего, связан с наиболее существенным в мелекесско-верейском терригенном комплексе перерывом в осадконакоплении.

По максимальным значениям dK определяются интервалы с повышенными концентрациями тонкодисперсного пирита, обусловленным, вероятно, повышенными концентрациями рассеянного органического вещества (РОВ). Судя по термокаппаметрическим данным, содержание РОВ в терригенном комплексе среднего карбона сопоставимо с таковым в ардатовском, мулинском, семилуг-саргайском и бобриковском горизонтах.

Рубеж между серпуховским и башкирским ярусами четко фиксируется по резкому возрастанию dK, а черемшано-прикамский горизонт дополнительно индивидуализируется по выразительному тренду к увеличению dK при минимальных значениях K.

Результаты петромагнитного изучения керна из баженовской свиты (Восточно-Каменное нефтяное месторождение, Ханты-Мансийский автономный округ)

По 78 кусочкам керна (весом по 10-20 г), отобранным по разрезу баженовской свиты (пласты ЮК-1 и ЮО-2), приблизительно, через каждые 25 см, были получены определения K, dK, остаточной намагниченности насыщения (J_{rs}) и остаточной коэрцитивной силы (H_{cr}) (рис. 3).

Несмотря на то, что отложения весьма слабомагнитны, все петромагнитные параметры обнаруживают значимую дифференциацию по разрезу и тем самым способствуют дополнительному расчленению и индивидуализации пластов. Например, пласт ЮО2 выделяется в разрезе высокими (в целом) величинами dK, и дополнительно расчленяется по этому параметру на три части: нижнюю ($dK_{ср.}$=60·10^{-5} ед.СИ со всплесками до 100-

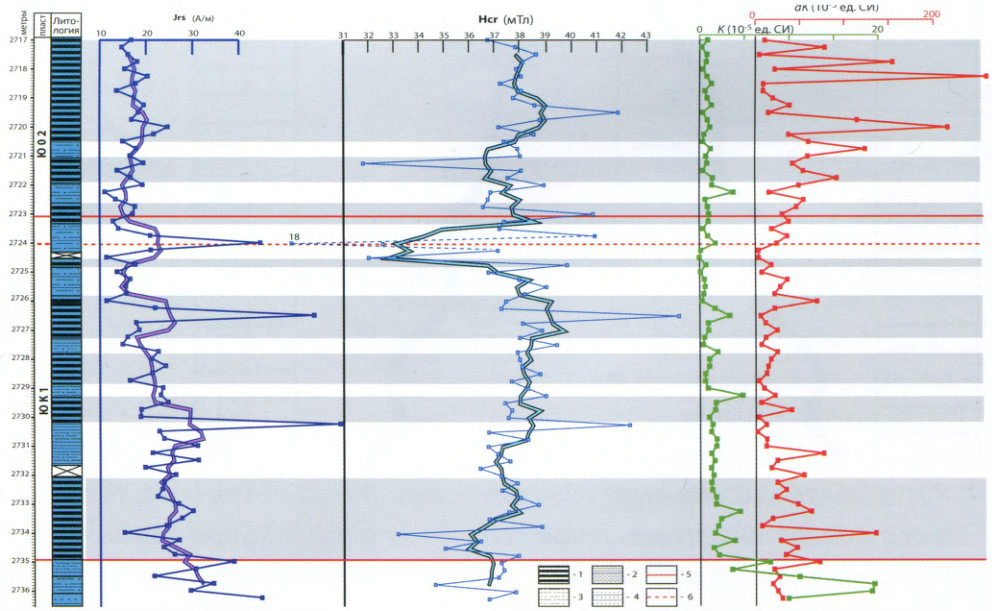


Рис. 3. Петромагнитные характеристики баженовской свиты Восточно-Каменного нефтяного месторождения (ХМАО), полученные по керну разведочной скважины. Условные обозначения: 1 – битуминозный сланец, 2 – глина, 3 – алевролит, 4 – глина песчанистая, 5, 6 – положение границ пластов по результатам описания керна (5) и с учетом петромагнитных данных (6).

$200 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ и более), среднюю ($dK_{ср.}=20 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ) и верхнюю ($dK_{ср.}=90 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ со всплесками до $100\text{-}200 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ и более).

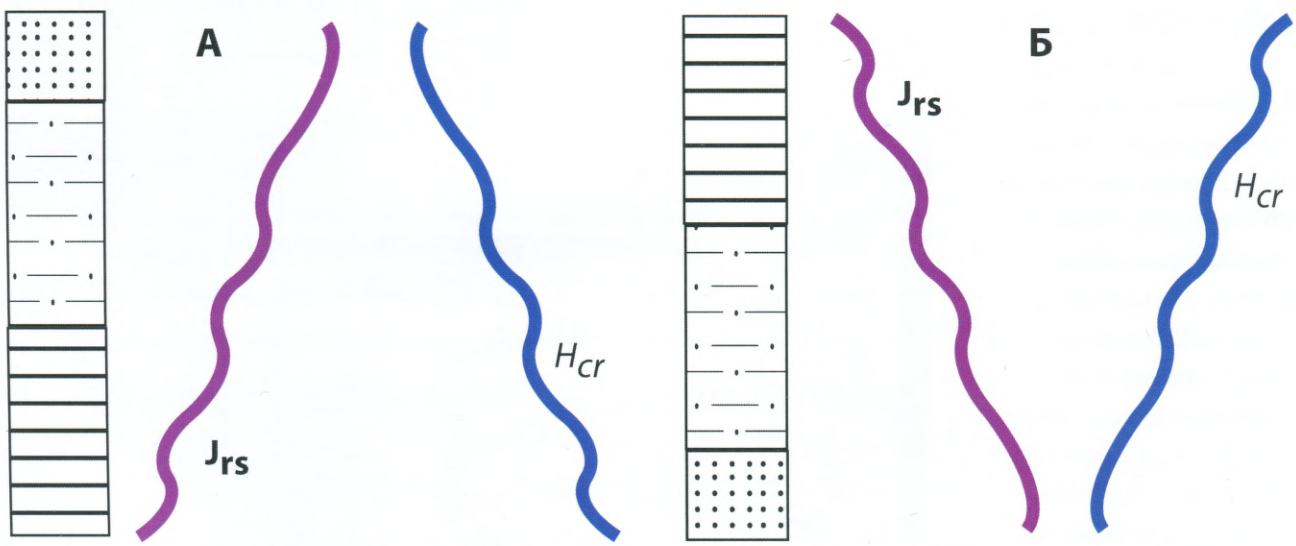
На осредненных (с окном в 5 образцов) графиках остаточной намагниченности насыщения и коэрцитивной силы в нижней части разреза фиксируются выразительные тренды: убывание J_{rs} и возрастание H_{cr}.

Величина остаточной намагниченности насыщения определяется концентрацией ферромагнитного материала (чем больше концентрация ферромагнетиков, тем больше J_{rs}). Коэрцитивная сила связана обратной зависимостью с размерностью ферромагнитных зерен: чем больше размер зерна, тем меньше H_{cr} и наоборот.

Тесная обратная связь между параметрами J_{rs} и H_{cr} (рис. 3) очень характерна для отложений, носителем магнитных свойств которых являются аллотигенные минералы [7].

Возрастание параметра J_{rs} фиксирует увеличение концентрации ферромагнитного материала. Одновременное уменьшение H_{cr} связано с увеличением размера ферромагнитных зерен. Подобная ситуация очень характерна для регрессивной стадии, когда активизируется терригенный снос в палеобассейн (рис. 4а). Обратная картина - убывание J_{rs} и возрастание H_{cr} вверх по разрезу (рис. 4б), напротив, отражает повышение уровня моря, сопровождающееся уменьшением привноса обломочных ферромагнетиков (и снижением J_{rs}) и уменьшением размерности ферромагнитных зерен (увеличением H_{cr}).

Основная часть пласта ЮК1 характеризуется трендом к убыванию J_{rs}, в сочетании с возрастанием H_{cr} вверх по разрезу, и, следовательно, формировалась на трансгрессивном этапе развития палеобассейна. В это время в палеобассейн привносилось незначительное количество терригенного материала. Вероятно, за счет слабой гидродинамики придонные слои немного аэрировались, и для них были характерны дизоксийные условия (с малым количеством кислорода). Пласт ЮО2, где связь между графиками J_{rs} и H_{cr} отсутствует, формировался в застойных, аноксийных (бескислородных) условиях, о которых свидетельствуют максимальные значения термокаппаметрического параметра.



▲ *Рис. 4. Схемы изменения величин остаточной намагниченности насыщения (J_{rs}) и остаточной коэрцитивной силы (H_{cr}) по разрезу при понижении (А) и повышении (Б) уровня моря в случае, когда носителем намагниченности являются аллотигенные ферромагнетики. (Условные обозначения литологии такие же, как на рис. 1)*

Интервал глубин 2723-2725 м, где обратно взаимосвязанные тренды графиков J_{rs} и H_{cr} прекращаются, соответствует, скорее всего, смене условий дизоксийного бассейна на аноксийный. Этот вывод, базирующийся на анализе петромагнитных данных совпадает с независимыми данными седиментологических исследований керна Е.Ю. Барабошкиным (МГУ).

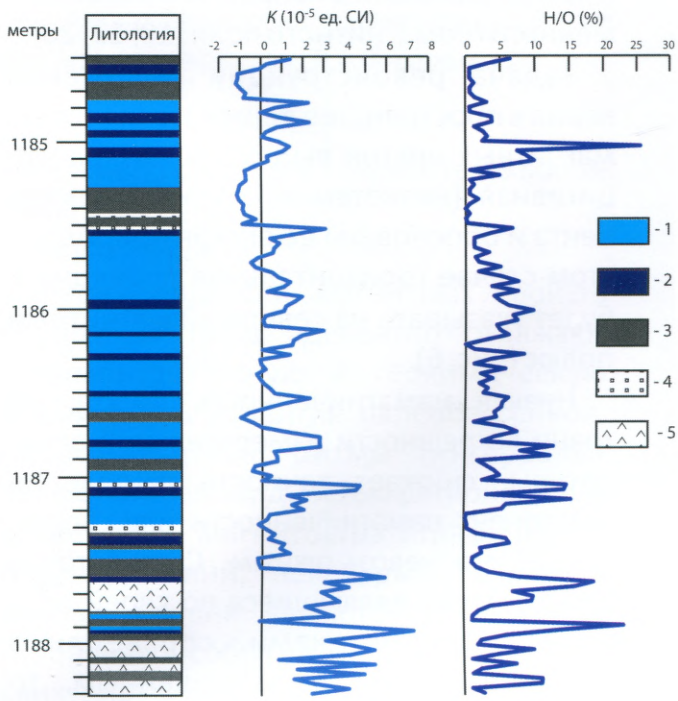
Аномально низкое для данного разреза значение H_{cr} (на глубине 2724 м), возможно, связано с аутигенным магнетитом, которое предшествовало интенсивному образованию сульфидов железа в пласте ЮО2. Этот уровень целесообразно принять в качестве подошвы пласта ЮО2.

Результаты петромагнитных исследований разрезов калийных солей Гремячинского месторождения [13]

Несмотря на минимальную естественную магнитность (К ~ 0) и диамагнетизм (К < 0) солей, распределение их магнитной восприимчивости, измеренной на высокочувствительных приборах (на стационарном каппабридже MFK-1FB или с помощью портативного прибора КТ-10), обнаруживает значимые вариации по разрезам, создавая тем самым предпосылки для дополнительного расчленения и детальной корреляции калиеносных пластов даже при рекогносцировочных (с шагом от 0,3 до 1 м и более) измерениях образцов (рис. 5).

Сверхдетальные (практически непрерывные - с шагом 2-3 см) измерения магнитной восприимчивости по разрезу сильвинитовой толщи выявляют ее ритмичный характер (рис. 5), обусловленный изменениями гидрогеохимии солеродного бассейна и интенсивности терригенного привноса. Тренд к уменьшению К вверх по разрезу отражает снижение роли нерастворимых компонентов в сильвинитовой толще от ее подошвы к кровле. Эта тенденция является общей закономерностью для всего разреза продуктивного пласта Гремячинского месторождения. Выявленные петромагнитные ритмы также могут служить корреляционными признаками для сравнения разрезов продуктивного пласта различных участков месторождения.

Величины магнитной восприимчивости тесно зависят от концентраций нерастворимого остатка: коэффициент линейной корреляции между этими параметрами равен 0,49, что намного превышает его критическое значение (0,22) на уровне значимости p=0,01, при объеме выборки (количестве образцов) 132. Наличие подобной взаимосвязи предопределяет возможность определения



▲ *Рис. 5. Распределения величин магнитной восприимчивости и концентраций нерастворимого остатка (Н/О) по разрезу сильвинитовой толщи Гремячинского месторождения калийных солей (Волгоградская область), полученные по керну разведочной скважины [13].*
Условные обозначения: 1 - сильвинит, 2 - сильвинит с галопелитом, 3 - галит, 4 - галит-ангидритовая порода, 5 - рассеянный ангидрит.

содержаний нерастворимого остатка по значениям петромагнитных характеристик, не прибегая к длительной и трудоемкой процедуре его выделения с последующим взвешиванием.

Ориентирование керна скважин в пространстве.

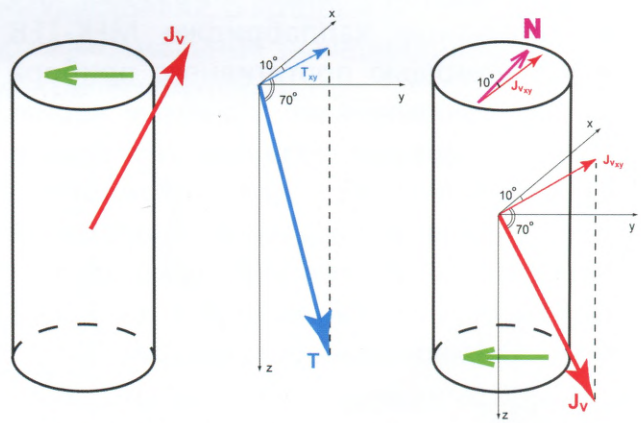
В палеомагнетизме известно несколько способов для ориентирования образцов керна в пространстве с помощью компонент естественной остаточной намагниченности (J_n): по вектору первичной намагниченности [10, 12], по нормалям к большим кругам, проведенных через любые две компоненты J_n [15], но наиболее широко в практике применяется метод, использующий направление вязкой компоненты намагниченности (J_v), совпадающей с направлением современного геомагнитного поля [10, 12, 20].

Задача реконструкции положения керна в пространстве решена, если путем магнитных чисток выделена низкокоэрцитивная (низкотемпературная) компонента и обоснована ее вязкая природа. В этом случае горизонтальная проекция J_v будет указывать на северный магнитный полюс (рис. 6).

Низкая намагниченность пород, на грани погрешности измерительной аппаратуры, снижает точность выделения компонент намагниченности или, вовсе, делает его невозможным. С этой точки зрения, соли, являющиеся по своей природе диамагнетиками, справедливо считались, если не запрещенным, то крайне неблагоприятным объектом для палеомагнитных исследований, вообще, и с целью ориентировки керна, в частности.

При разведке сложнодислоцированных калиеносных пластов в условиях солянокупольной тектоники, характерной для территории Дальнего Саратовского Заволжья задача ориентировки керна особенно актуальна в связи с необходимостью определений элементов залегания терригенных пропластков для выполнения структурных построений. Рекогносцировочные палеомагнитные исследования керна солей на Восточном лицензионном участке (Озинский район) обнаружили, что величина J_n у образцов чистых солей с выраженным диамагнитным эффектом (K < 0), как и следовало ожидать, сопоставима или меньше пороговой чувствительности спин-магнитометра JR-6 (< $0{,}05 \cdot 10^{-3}$ А/м), в силу чего в них не удалось выделить компоненты намагниченности. Но образцы, в наибольшей степени обогащенные терригенным материалом (K=$2\text{-}3 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ), обнаружили величины J_n от 0,12 до $0{,}84 \cdot 10^{-3}$ А/м, и в них удалось надежно выделить компоненту намагниченности со средним наклонением 74,1° (рис. 7), свидетельствующим о ее вязкой природе.

Точность ориентировки керна определяется параметром a_{95} (радиус круга, внутри которого лежит истинное направление вектора с вероятностью 95%). В данном случае, a_{95}=16,1°, следовательно, стрелка на поверхности керна, совпадаю-



▲ *Рис. 6. Схема, иллюстрирующая процедуру ориентировки керна в пространстве. Зеленая стрелка – произвольно выбранная маркировка керна перед палеомагнитными измерениями, синие стрелки – вектор современного геомагнитного поля (T) и его горизонтальная составляющая (T_{xy}), красные стрелки – вязкая намагниченность (J_v) и ее горизонтальная составляющая (J_{vxy}), малиновая стрелка – направление на север (N).*

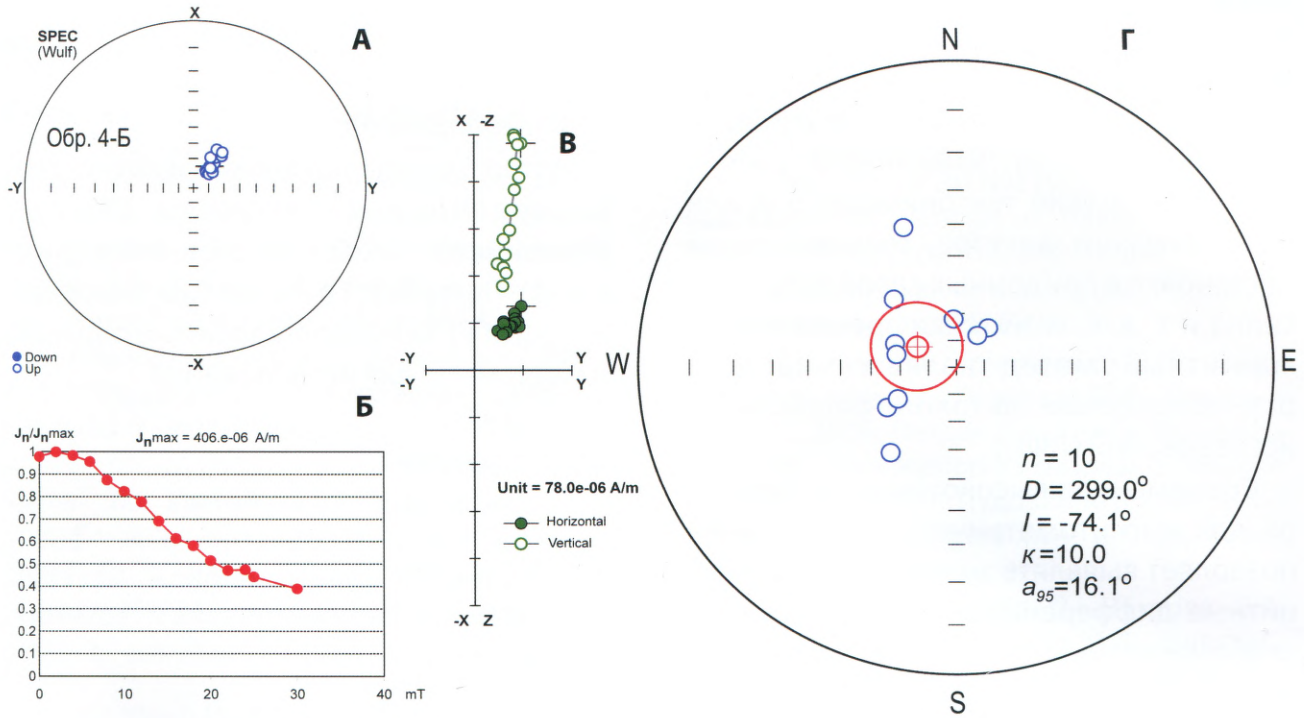


Рис. 7. Результаты компонентного анализа солей: А – стереопроекция изменений J_n в ходе магнитных чисток переменным полем, Б – кривая размагничивания, В – диаграмма Зийдервельда, Г – стереографические проекции J_v.

щая с направлением горизонтальной проекции J_v (с учетом магнитного склонения), указывает направление на географический север с точностью ± 16° (рис. 7г). Очевидно, что погрешность ориентировки уменьшается по мере увеличения количества образцов, поэтому для достижения лучшей точности (± 10° и точнее), возможно, понадобятся подготовка и изучение 20 и более образцов из каждого образца керна.

Поскольку установлена принципиальная возможность ориентировки керна солей (по крайней мере, J_v надежно выделяется в образцах солей, обогащенных терригенным материалом), то перспективы любых других слабомагнитных осадочных пород, в этом смысле, выглядят многообещающе. Однако следует помнить, что длительное хранение керна и образцов приводит к разрушению естественной вязкой намагниченности и, следовательно, к потере ориентирующего признака, поэтому время, прошедшее от бурения до палеомагнитных измерений, нужно стараться сократить до минимума.

Заключение

Неоднородности магнитных свойств осадочных толщ адекватно отражают седиментационную и геохимическую ритмичность развития палеобассейнов. Петромагнитные ритмы (интервалы) являются разновидностью региональных и местных магнитостратиграфических подразделений, некоторые петромагнитные уровни являются отражением глобальных событий (например, океанских аноксических событий - OAE), что позволяет использовать их в качестве корреляционных реперов при межрегиональных сопоставлениях.

Существует система геологической интерпретации петромагнитных данных [7, 11], апробированная на множестве объектов различного возраста и генезиса [2, 6, 8, 14, 21 и др.], суть которой заключается в том, что при безусловном знании вида и генезиса минералов-носителей магнитных свойств (которые определя-

ются с помощью магнито-минералогических методов) по вариациям петромагнитных характеристик можно адекватно судить о многих важных условиях осадконакопления: изменениях уровня моря, вследствие тектонического и/или эвстатического фактора, геохимической обстановке в придонных слоях палеобассейна и т. д. С этой точки зрения петромагнитный метод является частной разновидностью литолого-фациальных исследований (ЛФИ).

Современная высокоточная аппаратура для магнитометрических измерений позволяет выявлять значимые петромагнитные дифференциации даже в самых слабомагнитных разностях осадочного чехла платформ, который является объектом геологоразведочных работ на нефть и газ, калийные соли и другие полезные ископаемые.

Важно, что петромагнитные данные могут быть получены как по керну по шламу. К достоинствам петромагнитного метода, наряду с его высокой геологической информативностью, следует отнести экспрессность (возможность проведения каппаметрии в полевых условиях), малый объем каменного материала, требуемого для лабораторных исследований, диагностику некоторых железосодержащих минералов (например, пирита, магнетита, сидерита, гидроокислов железа, являющихся индикаторами геохимического режима придонных слоев) независимо от размерности их фракции.

Палеомагнитные данные могут быть получены по керну скважин. На поисково-разведочном этапе работ они могут быть востребованы для дополнительного расчленения и корреляции , как правило, наиболее актуальны в связи с процедурой ориентации керна, после которой можно определить элементы залеганий пластов, преимущественные направления трещиноватости пород и прочие закономерности пространственного распределения вещественного состава пород.

Благодарности

Автор благодарен Назымской Геологоразведочной экспедиции (Ханты-Мансийск), ООО "Восток-Ангидрит" (Санкт-Петербург) и лично Е.Ю. Барабошкину (МГУ) за предоставленные образцы и материалы для исследований.

Литература

1. Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Барабошкин Е.Ю., Щербинина Е.А., 2002, Аноксический раннемеловой бассейн Русской плиты: седиментология и геохимия: Литология и полезные ископаемые, 4, 359 - 380.

2. Гришанов А.Н., Гужиков А.Ю., Молостовская И.И., Харитонов Т.В., 1997, Использование петромагнитных критериев для детального расчленения разрезов уфимского яруса и обоснования границы между соликамским и шешминским горизонтами в пределах Соликамской впадины Предуральского прогиба: Изв. ВУЗов. Геология и разведка, 1, 19 - 25.

3. Гришанов А.Н., Гужиков А.Ю., Багаева М.И., Сорокин А.С., Технология каппаметрии и термокаппаметрии шлама скважин в качестве дополнения к стандартным геолого-техническим исследованиям: IV Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций: Ч.1. – Саратов, Изд-во Сарат. ун-та, 83 - 84.

4. Гужиков А.Ю., 2008, О возможном отражении глобальных геологических событий в петромагнетизме осадочных пород (на примере средней юры и нижнего мела Поволжья): Очерки по региональной геологии: Сб. науч. трудов / Под ред. В.Н.Староверова: Саратов, Издательский центр «Наука», 34 - 47.

5. Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю., 2006, Оценка диахронности биостратиграфических границ путем магнитохронологической калибровки зональных шкал нижнего мела Тетического и Бореального поясов: Доклады Академии Наук, Т.409, 3, 365-368.

6. Гужиков А.Ю., Барабошкин Е.Ю., Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Букина Т.Ф., Яночкина З.А., 1999, Магнитные свойства волжских отложений как индикаторы железосодержащих минералов и их значение для реконструкций условий седиментации в позднеюрском палеобассейне Поволжья: Геологические науки – 99: Избранные труды межведомственной научной конференции: Саратов, изд-во ГосУНЦ «Колледж», 38 - 42.

7. Гужиков А.Ю., Молостовский Э.А., 1995, Стратиграфическая информативность численных магнитных характеристик осадочных пород (методические аспекты): Бюл. МОИП, Отд. геол., вып.1, Т.70, 32 - 41.

8. Гужиков А.Ю., Ямпольская О.Б., Гончаренко О.П., 2002, Петромагнетизм байосбатских отложений Поволжья: стратиграфический и палеотектонический аспекты: Изв. ВУЗов, Геология и разведка, 2, 53 - 62.

9. Еремин В.Н., Молостовский Э.А., Первушова Е.В., Черняева А.Ф., 1986, Магнитная зональность осадочных пород и пространственное распределение аутигенных минералов железа в зонах влияния углеводородов: Геология нефти и газа, 4, 38 - 44.

10. Молостовский Э.А., 1986, Скалярные магнитные характеристики горных пород как показатели условий седиментации: Использование магнетизма горных пород при геологической съемке: Л., Недра, 150 - 166.

11. Методика палеомагнитного изучения красноцветов (под ред. В.П. Боронина): Казань: Изд-во Казанского университета, 1979.

12. Молостовский Э.А., Храмов А.Н., 1997, Магнитостратиграфия и ее значение в геологии: Саратов: Издательство Саратовского университета, 1997.

13. Московский Г.А., Гужиков А.Ю., Решетников М.В., Сорокин А.С., Свидзинский С.А., 2010, Отражение в петромагнетизме закономерностей распределения нерастворимого остатка по разрезу сильвинитового пласта Гремячинского месторождения: Известия Саратовского университета: Новая серия, Т. 10: Сер. Науки о Земле, Вып. 1, 54 - 60.

14. Пименов М.В., Глинских Л.А., Гужиков А.Ю., Михайлов А.М., Рогов М.А., Тесакова Е.М., 2009, О возможном отражении палеоэкологических условий в петромагнетизме келловейских-оксфордских отложений разреза п. Дубки (г. Саратов): Известия Саратовского университета: Новая серия: Науки о Земле, 1, 70 - 75.

15. Попов В.В., Храмов А.Н., 2007, Новый палеомагнитный метод ориентирования керна скважин в пространстве: Государственный патент RU №2298209: Нефтегазовая геология: Теория и практика, Т.2. - http://www.ngtp.ru/rub/12 /016.pdf

16. Стратиграфический кодекс России: С-Пб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2006.

17. Фомин В.А., Гончаренко О.П., Жуков А.Н., Маникин А.Г., Пименов М.В., Решетников М.В., 2006, Петромагнитная и минералогическая характеристика разреза верхнемеловых отложений с. Пудовкино (Саратовский район): Недра Поволжья и Прикаспия, Вып.47, 46 - 55.

18. Хоша В., Прунер П., Захаров В.А., Костак М., Шадима М., Рогов М.А., Шлехта С., Мазух М., 2007, Бореально-тетическая корреляция пограничного юрско-мелового интервала по магнито- и биостратиграфическим данным: Стратиграфия: Геологическая корреляция, Т.15. 3, 63 - 76.

19. Baudin F., 2003, A Late Hauterivian short-lived anoxic event in the Mediterranean Tethys: the "Faraoni Event": Mesozoic paleoceanography: Paris, 10 - 11, 4.

20. Fuller M., 1969, Magnetic orientation of borehole cores: Geophysics, vol. 34, 5, 772 - 774.

21. Guzhikov A., Molostovsky E., 1999, Some features of the Early Cretaceous sedimentation in the Cis-Caucasia reflected in magnetic properties of the sedimentary cover: Geodiversitas, Vol. 21, 3, 365 - 385.

22. Guzhikov A.Yu., Baraboshkin E.Yu., Birbina A.V., 2003, New paleomagnetic data for the Hauterivian–Aptian deposits of the Middle Volga region: A possibility of global correlation and dating of time-shifting of stratigraphic boundaries: Russian Journal of Earth Sciences, Vol. 5, 6, 1 - 30.

Подробнее об авторах

Гужиков
Андрей Юрьевич

Зав. кафедрой общей геологии и полезных ископаемых СГУ им. Н.Г. Чернышевского, д.г.-м.н., профессор.