

А.Н.ГРИШАНОВ, А.Ю.ГУЖИКОВ, И.И.МОЛОСТОВСКАЯ, Т.В.ХАРИТОНОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕТРОМАГНИТНЫХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ РАСЧЛЕНЕНИЯ РАЗРЕЗОВ УФИМСКОГО ЯРУСА И ОБОСНОВАНИЯ ГРАНИЦЫ МЕЖДУ СОЛИКАМСКИМ И ШЕШМИНСКИМ ГОРИЗОНТАМИ В СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЕ

В результате комплексного изучения уфимских отложений в Соликамской впадине установлено, что резкое изменение магнитных свойств пород приурочено к границе соликамского и шешминского горизонтов. Данный петромагнитный рубеж имеет событийную природу и может быть использован в качестве дополнительного критерия при обосновании стратиграфической границы.

Комплекс скалярных магнитных характеристик позволил наиболее детально расчленить опорный разрез уфимского яруса.

Уфимский ярус, согласно решениям Стратиграфического совещания 1988 г. [12], подразделяется на соликамский и шешминский горизонты. Соликамский горизонт в зоне его стратотипического развития (Соликамской впадины Предуральяского прогиба) принимается в объеме сероцветной карбонатно-терригенной толщи (доломиты, известняки, мергели, глины, алевролиты и песчаники). Такой объем горизонта устанавливается на основании фауны остракод, брахиопод и пелиципод, встреченной в этих отложениях в Соликамско-Березниковском районе [4, 8, 12]. Шешминский горизонт включает красноцветные, преимущественно глинистые, породы с подчиненным количеством алевролитов, песчаников и мергелей, содержащих фауну неморских остракод, пелиципод и конхострак [8, 12].

Однако, как отмечают многие исследователи пермских отложений Приуралья [7, 8, 11], литологическая граница между соликамским и шешминским горизонтами лишена ясности и определенности. Детальная корреляция разрезов уфимского яруса по каротажным кривым с учетом палеонтологических данных показывает, что верхняя граница соликамского горизонта часто проводится не по кровле сероцветных образований, а внутри них [8]. Определение границы между соликамским и шешминским горизонтами по литологическим признакам осложняется наличием переходной толщи, представленной переслаиванием серо- и красноцветных пород, мощность которых достигает 150 м [7].

Авторами проведены петромагнитные и микрофаунистические исследования разреза соликамского и шешминского горизонтов в опорной скважине 1047, расположенной у дер. Дурино в Березниковском районе Пермской области (рис. 1). Кроме того, выполнены измерения магнитной восприимчивости уфимских отложений (более 3000 замеров) в естественном обнажении у г. Усолье и по керну еще 4 скважин, пробуренных в Соликамской депрессии (рис. 1).

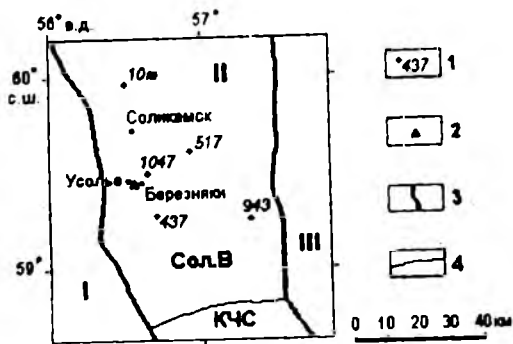


Рис. 1. Схематическая карта района исследований. I - Восточно-Европейская платформа; II - Предуральский прогиб; III - Урал; 1 - скважины и их номера, 2 - естественное обнажение, 3, 4 - границы: 3 - Предуральского прогиба, 4 - между Соликамской впадиной (Сол. В) и Косьюинско-Чусовской седловиной (КЧС)

Петромагнитные и микрофаунистические данные по разрезу скважины 1047 проанализированы в комплексе с палинологическими (определения Л.М. Варюхиной, НИИ геологии при СГУ) и литолого-минералогическими (анализы выполнены Т.Ф. Букиной, НИИ геологии при СГУ) материалами.

Отложения уфимского яруса, вскрытые скважиной 1047 в интервале 8-359 м, подразделены на четыре пачки (I-IV) - три сероцветные: I - соляно-мергельная (228-358), II - карбонатная (125-228), III - терригенно-карбонатная (94-125) и IV - пестроцветная терригенная (7-94 м) (рис. 2). Согласно общепринятой точке зрения [12], три нижние сероцветные пачки должны быть включены в соликамский горизонт, а верхняя пестроцветная - в шешминский.

Результаты комплексных исследований позволяют иначе интерпретировать возраст отложений в данном разрезе.

Анализ распределения неморских остракод, обнаруженных в интервале 13-200 м (рис. 2), дал возможность выделить два комплекса, соответствующих соликамскому и шешминскому горизонтам.

Для первого комплекса (130-200 м) характерны виды: *Paleodarwinula breviformis* (Zhern.), *P. kasharensis* (Zhern.), *P. oninca* (Zhern.), *P. erzinae* (Zhern.), *P. digita* (Zhern.), *P. pseudoclinata* (Zhern.), *P. proceraformis* (Zhern.), *P. polomia* (Zhern.), которые являются эндемиками соликамского горизонта [8].

Второй комплекс (13-125 м) определяют виды: *Paleodarwinula persimplex* (Kotsch. et Kash.), *P. procera* (Mand.), *P. ufimiensis* (Bel.), *P. lancetiformis* (Kash.), *P. angusta* (Mand.), *P. antiqua* (Spir. et Molost.), *P. forschii* (Pal.), *P. buraevoensis* (Pal.), *P. parphenovi* (Bel.), *P. aff. pergusta* (Kash.), *P. natalae* (Bel.), *P. lija* (Spir. et Molost.), *Prasuchonella ex.gr. kargalensis* (Kotsch.), *Pr.sp. < Darwinuloides sp.*, широко представленные в красноцветных фациях уфимского яруса, которые являются аналогами шешминского горизонта в Притиманье [5], Волго-Вятском междуречье [1], Волго-Уральской провинции и Башкирском Приуралье [6, 9].

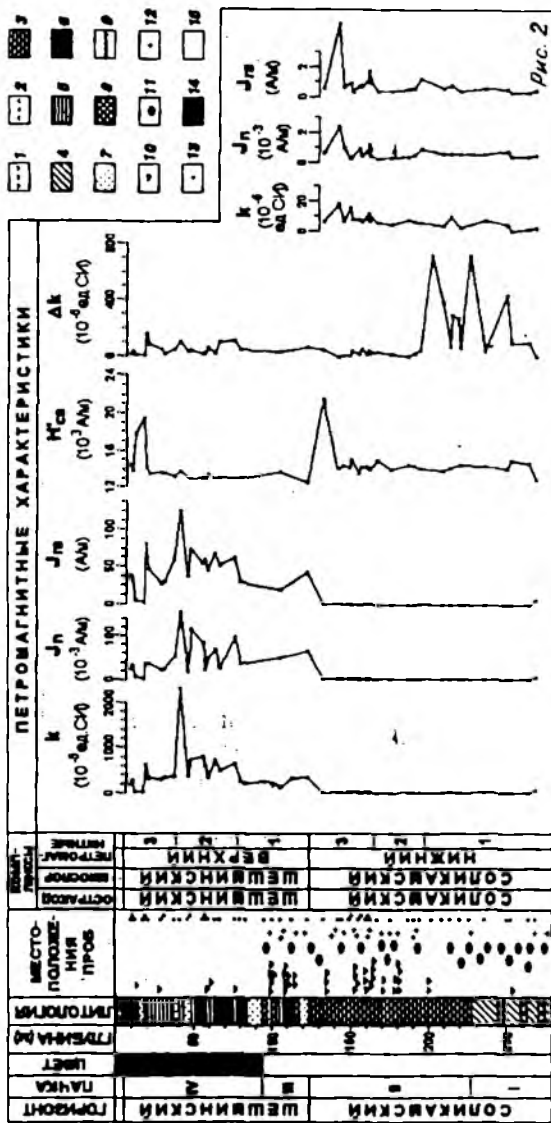
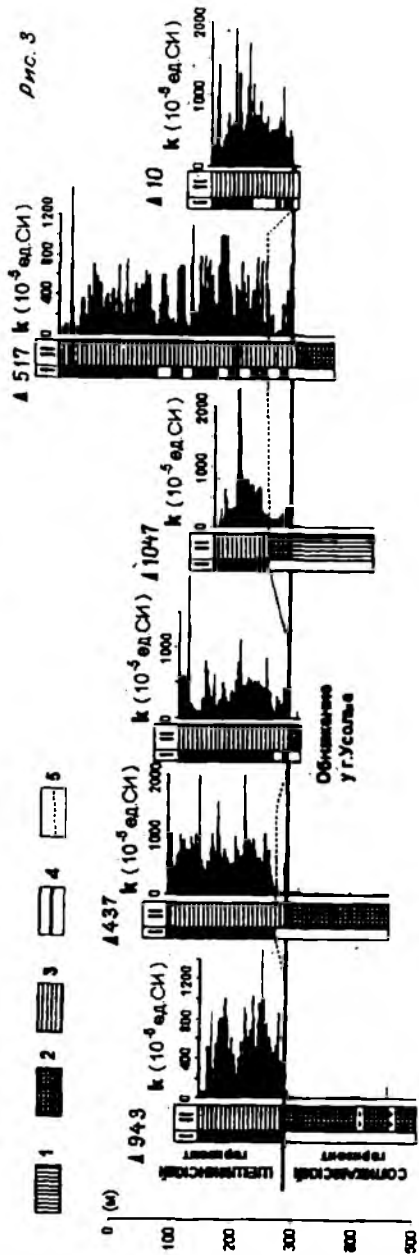


Рис. 2. Стратиграфический разрез уфимского яруса по скважине 1047. 1 - гилсы; 2 - ангидриты; 3 - известняки; 4 - мергели; 5 - аргиллиты; 6 - алевролиты; 7 - песчаники; 8 - глины четверичного возраста; 9 - размыл; 10 - остракоды; 11 - микроспоры; 12 - литолого-минералогические образцы; 13 - петромагнитные образцы; 14, 15 - породы: 14 - пестроцветные, 15 - сероцветные.

Рис. 3. Магнитная восприимчивость уфимских отложений Соликамской впадины. 1-3 - отложения: 1 - преимущественно карбонатные, 2 - терригенно-карбонатные, 3 - терригенные; 4,5 - граница соликамского и шешнинского горизонтов по данным: 4 - петромагнитным, 5 - литологическим и цветовому признаку. Остальные условные обозначения см. рис. 2



Таким образом, по микрофаунистическим данным граница между соликамским и шешминским горизонтами устанавливается между отметками 125 м и 130 м. В пользу такого решения свидетельствуют и палинологические данные: соликамские спорово-пыльцевые комплексы сменяются шешминскими в этом же интервале.

В видовом составе соликамского комплекса субдоминируют споры *Granizonospora vulgaris* (Naum.), *G.granifera* (Lub.) и пыльца *Vittatina vittifer* Lub., *Striatohaplopinites perfectus* (Naum.), *S.latissimus* (Lub.), *hamiapollenites perfectus*¹ (Naum.), *S.latissimus* (Lub.), *Hamiapollenites tractiferinus* (Samoil.).

В шешминском комплексе присутствуют споры *Granulatisporites* sp., *Leiotriletes* sp. и *Acanthotriletes spinosellus* (Waltz). Среди пыльцы субдоминируют *Vittatina striata* Lub. и *V.vittifer* Lub.

В отметке 125 м приурочены и наиболее резкие изменения магнитных свойств пород.

Петромагнитные определения по разрезу скважины 1047 производились в интервале 6-270 м. На 50-ти стратиграфических уровнях изучен комплекс следующих скалярных магнитных характеристик: магнитная восприимчивость (k), модуль естественной остаточной намагниченности (J_n), остаточная намагниченность насыщения (J_{rs}), разрушающее поле остаточной намагниченности насыщения (H'_{cs}) и термокаппа (k_t), т.е. магнитная восприимчивость, замеренная после воздействия на породу температурой (в данном случае 500°C). При интерпретации результатов рассматривалась величина $dk=k_t-k$.

Параметры k , J_n и J_{rs} прямо пропорциональны концентрации ферромагнетиков в породе [10]. Величина H'_{cs} определяется главным образом размерностью и степенью окисленности магнитных частиц [10]. С помощью термокаппаметрических данных диагностировались немагнитные сульфиды железа (пирита, марказита). Последние изначально немагнитны, но при нагреве в воздушной среде до 500° переходят в сильномагнитный магнетит [2]. Прирост dk отражает содержание новообразованного магнетита и, следовательно, концентрацию первичных сульфидов.

В совокупности перечисленные параметры фиксируют тончайшие вариации вещественного состава пород и позволяют судить о некоторых особенностях осадконакопления. Геологическая интерпретация скалярных магнитных характеристик проводилась на основе принципов, изложенных в [3].

По петромагнитным данным разрез скважины 1047 отчетливо подразделяется на два крупных петромагнитных комплекса (рис.2). Нижний комплекс (125-280 м) включает карбонатную пачку с крайне слабой магнитностью ($k=0-10 \times 10^{-5}$ ед. СИ, $J_n=0,05-0,5 \times 10^{-3}$ А/м, $J_{rs}=0,05-1,6$ А/м) и относительно высокими значениями $H'_{cs}=13,5-15 \times 10^3$ А/м.

Верхний комплекс (6-195 м) объединяет пестроцветы шешминского горизонта и 31-метровую сероцветную пачку, причисляемую к верхам соликамского. Эти отложения отличаются повышенной магнитностью: значения k , J_n , J_{rs} на 2-3 порядка выше, чем в подстилающих слоях. Величины разрушающего поля насыщения снижаются до $12-13,5 \times 10^3$ А/м.

По совокупности магнитных параметров разрез поддается более дробному расчленению. Литологически однородная карбонатная пачка (125-228 м) уверенно подразделяется на три части (рис.2):

1. Интервал 197-280 м характеризуется низкой магнитностью пород - $k(\text{cp})^1=4,5 \times 10^{-5}$ ед.СИ, $J_n(\text{cp})=0,5 \times 10^{-3}$ А/м, $J_{\text{гс}}(\text{cp})=0,55$ А/м. Однако магнитная восприимчивость образцов резко возрастает после нагревов ($dk(\text{cp})^1=600 \times 10^{-5}$ ед. СИ), что отражает высокую концентрацию в них немагнитных сульфидов железа. Вывод, основанный на данных термокапаметрии, подтверждают данные минералогического анализа. Известняки содержат многочисленные (до 5%) тонкодисперсные сгустки, фрамбоиды и кубические микрокристаллики пирита. Обилие сульфидов, при условии их сингенетичности, свидетельствует о восстановительной среде в бассейне седиментации с проявлением сероводородного заражения. Этот вывод подтверждается обилием распыленной углефицированной органики, сапропелевого материала (альгинита и сапроколлинита) и практически полным отсутствием остатков остракод в породах.

2. Интервал 165-197 м отмечен минимальными значениями как магнитности ($k(\text{cp})=4 \times 10^{-5}$ ед. СИ, $J_n(\text{cp})=0,2 \times 10^{-3}$ А/м, $J_{\text{гс}}(\text{cp})=0,15 \times 10^{-3}$ А/м), так и термокаппы ($dk(\text{cp})=150 \times 10^{-5}$ ед. СИ). Доминируют чистые известняки с многочисленными остатками остракод соликамского комплекса.

3. Интервал 125-165 м отмечен несколько повышенными значениями $k(\text{cp})$, $J_n(\text{cp})$ и $J_{\text{гс}}(\text{cp})$ (11×10^{-5} ед.СИ, $0,7 \times 10^{-3}$ А/м и $1,3$ А/м соответственно) при неизменных практически значениях dk ($120-130 \times 10^{-5}$ ед.СИ).

Верхний комплекс (6-125 м) также обнаруживает трехчленное строение (рис.2):

1. Интервал (79-125 м) отвечает пачке переслаивания серых известняков, известняковых алевролитов и глин, отнесенных по геологическим данным к верхам соликамского горизонта. Значения $k(\text{cp})$, $J_n(\text{cp})$ и $J_{\text{гс}}(\text{cp})$ составляют 245×10^{-5} ед.СИ, 45×10^{-3} А/м и 24 а/м соответственно, что на полтора-два порядка больше, чем в подстилающих слоях.

2. Интервал (40-79 м) отличается максимальным для шешминского горизонта магнитными характеристиками: $k(\text{cp})=550 \times 10^{-5}$ ед. СИ, $J_n(\text{cp})=75 \times 10^{-3}$ А/м, $J_{\text{гс}}(\text{cp})=45$ А/м.

3. Интервал (6-40 м) отмечен относительным спадом всех естественных характеристик: $k(\text{cp})=225 \times 10^{-5}$ ед. СИ, $J_n(\text{cp})=23 \times 10^{-3}$ А/м, $J_{\text{гс}}(\text{cp})=30$ А/м.

Результаты комплексного анализа разреза скважины 1047 позволяют считать, что наиболее значимые изменения всех характеристик происходят на рубеже 125 м. К этому уровню приурочены резкие изменения в составах остракодовых сообществ, спорово-пыльцевых комплексов и скачкообразное возрастание естественной магнитности пород на 2-3 порядка.

В данном случае в магнитной дифференциации разреза отражена последовательная смена геохимических и седиментологических обста-

¹ Среднее арифметическое параметра в данном интервале разреза.

новок в уфимском бассейне, тесно сопряженная с развитием складчатого Урала и вовлечением в разрыв сильномагнитных образований зеленокаменной полосы. Именно этой взаимосвязью обусловлено резкое возрастание магнитности пород на рубеже 125 м, связанное с обогащением осадка обломками вулканогенных, осадочных красноцветных образований и перестроенных кор выветривания. Уменьшение H'_{cs} при этом отражает различную размерность ферромагнитных зерен в нижней и верхней частях разреза: относительно высокие значения разрушающего поля насыщения (от $13,5$ до 15×10^3 А/м) являются индикаторами тонкодисперсного состояния магнитного вещества в карбонатной толще, снижение величин H'_{cs} (от 12 до $13,5 \times 10^3$ А/м) в шешминском горизонте обусловлено сносом в бассейн более крупного магнитного материала. Аморальный всплеск на графике H'_{cs} ($21,1 \times 10^3$ А/м) на отметке 125 м свидетельствует об активном окислении магнитных частиц на этом уровне, что, вероятно, связано с шешминским размывом.

Таким образом, нижний и верхний петромагнитные комплексы, соответствующие соликамскому и шешминскому горизонтам, фиксируют две стадии развития Уральской складчатой области. Первая отмечена отсутствием или крайне слабой связью уфимского бассейна с Горным Уралом, вторая - активным привносом в область седиментации осадочного и вулканогенного уральского материала. Резкое изменение намагниченности пород на отметке 125 м служит индикатором начала крупной палеотектонической перестройки и является по сути событийной границей. При этом совершенно закономерно, с точки зрения сопряженности условий седиментации и развития биоты, выглядит его совпадение в разрезе со сменой соликамских остракодовых сообществ и спорово-пыльцевых комплексов шешминскими.

На рис. 3 показано, что уровень, разделяющий сильно- и слабомагнитные отложения уфимского яруса, пространственно устойчив, по крайней мере, в Соликамской впадине. Во всех разрезах вблизи границы соликамского и шешминского горизонтов, выделенной пермскими геологами по литологическим признакам, наблюдается резкий скачок магнитной восприимчивости (на порядок и более) от $0-35$ до $100-2500 \times 10^{-5}$ ед. СИ.

Поскольку рассматриваемый петромагнитный рубеж латерально устойчив, он может быть рекомендован в качестве местного критерия для обоснования границы между соликамским и шешминским горизонтами. В этом случае оба стратона получают серьезное формационное обоснование, увязанное с общей историей геологического развития Урала и его предгорных областей.

Более мелкие вариации скалярных магнитных характеристик, вероятно, могут быть использованы для детального расчленения и корреляции разрезов только на локальных участках, в конкретных фациальных зонах.

Важнейшим практическим достоинством петромагнитного репера является экспрессность его определения: Замер магнитной восприимчивости одного образца занимает несколько секунд. Измерения производятся с помощью серийных, относительно дешевых, портативных приборов ИМВ-2 или КТ-5 и легко могут быть осуществлены в полевых условиях или в кернохранилищах.

Вопрос о значении петромагнитных данных для выделения аналогов соликамского и шешминского горизонтов за пределами Соликамской впадины остается открытым и нуждается в изучении. Исходя из общих соображений, можно предположить, что событийная граница, связанная

с тектонической активизацией складчатого Урала, проявлена в магнитной дифференциации уфимских отложений и в соседних регионах. Однако это предположение нуждается в тщательной всесторонней проверке. Комплексное петромагнитное, палеонтологическое и литолого-минералогическое изучение разрезов на территориях Башкирского свода, Южного Приуралья, Востока Русской платформы с привлечением материалов геофизического каротажа и других данных способствовало бы успешному решению многих актуальных вопросов, связанных со стратиграфией и палеогеографией уфимского яруса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 96-05-65443).

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусова З.Д. Остракоды уфимской свиты //Вестн.МГУ.1960.№5.
2. Буров Б.В., Ясонов П.Г. Введение в дифференциальный термомагнитный анализ горных пород. Казань: Изд-во Казан.ун-та, 1979.
3. Гужиков А.Ю., Молоствовский Э.А. Стратиграфическая информативность численных магнитных характеристик осадочных пород (методические аспекты) //Бюл. МОИП. Отд. геол. 1995.Т. 70. Вып. 1.
4. Ерзина Р.З., Жернакова М.П. Новые данные в изучении верхнепермских остракод и использование их при расчленении разрезов //Стратиграфические схемы палеозойских отложений. Пермь: Гостоптехиздат, 1962.
5. Кашеварова В.П. Новые виды верхнепермских отложений (уфимских и татарских) Южного Тимана и Волго-Уральской области //Тр. ВНИГРИ. Микрофауна СССР. Сб. IX. 1958. Вып. 115.
6. Кочеткова Н.М. Стратиграфия и остракоды верхнепермских отложений южных районов Башкирии. М.: Недра, 1970.
7. Наливкин В.Д. Соликамская свита - важный маркирующий горизонт Приуралья //Докл. АН СССР. 1950. Т. LXXII. №1.
8. Нефтегазоносные и перспективные комплексы центральных и восточных областей Русской платформы. Т.ГУ //Пермские отложения Волго-Уральской провинции и центральных районов Русской платформы /Под ред. Т.В.Макаровой. М.: Недра, 1971.
9. Палант И.Б. Остракоды уфимской свиты и красноцветных отложений казанского яруса северо-западной Башкирии //Бюл. МОИП. Отд. геол. 1959. Т. 34. Вып. 5.
10. Палеомагнитология /Под ред. А.Н.Храмова. Л.: Недра, 1982.
11. Порфирьев Г.С. Волго-Уральская нефтеносная область. Нижнепермские отложения //Тр. ВНИГРИ. Л., 1963. Вып. 209.
12. Решение межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы (с региональными стратиграфическими схемами). Л.: ВСЕГЕИ, 1988.

Научно-исследовательский институт геологии
при Саратовском государственном университете