

7. Меламуд Е.Л. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Оренбургско-Актюбинского Приуралья. М.: Наука, 1981. 90 с.
8. Пучков В.Н. Батинальные комплексы пассивных окраин геосинклинальных областей. М.: Наука, 1979. 260 с.
9. Соколов Б.А. Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М.: Наука, 1980. 243 с.
10. Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.
11. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1964. 478 с.
12. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1985. 326 с.
13. Хворова И.В. Флишевая и нижнемолассовая формация Южного Урала // Тр. ГИН АН СССР. В. 37. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 352 с.
14. Черенков И.Н. Верхнепалеозойская флишевая формация Гиссаро-Алая. Душанбе: Дониш, 1973. 123 с.
15. Эльтер П., Тревиан Л. Олистостромы в тектонической эволюции Северных Аппенин: Сила тяжести и тектоника. М.: Мир, 1976. С. 183—195.
16. Flores G. Evidence of Slump Phenomena (Olistostromea) in Areas of Hydrocarbons Exploration in Sicily // Proc. Y World Petrol. Congr. New York, 1959. Sec.1. P. 259—270.
17. Jacobacci A. Prane sottomarine nelle formazioni geologiche: Interpretazione dei fenomeni olistostromici e degli olistolite neills Appenine e in Sicilia // Boll. Serv. Geol — d'Italia. 1965. V.86. N 3. P. 65—85.
18. Kraus E. Die Bangeschichte der Alpen. Berlin: Akad. Verlag, 1951. 482 p.
19. Richter M. Bemerkungen sar Geologie Nord — und West-Siciliens // Neues Jahrl. Geol. Pajeontol. Monatah. 1963. N 1. P. 38—58.

НИИ Геологии Саратовского университета
Рецензент — В.П. Твердохлебов

УДК 550.382; 551.79

Л.В. ГРЕБЕНЮК

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ПАЛЕОМАГНЕТИЗМУ И СТРАТИГРАФИИ АКЧАГЫЛЬСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ПЕРИФЕРИИ ПАЛЕОКАСПИЯ

Проведено детальное расчленение опорного разреза скважины № 197, где представлен наиболее полный в Поволжье и Северном Прикаспии разрез акчагыльского региояруса. Для разреза получена комплексная палео- и петромагнитная, палеонтологическая и геохимическая характеристика.

На юге Каспийской области в разные годы исследованы разрезы акчагыльского региояруса и составлены сводные палеомагнитные колонки, сопоставленные с магнитохронологической шкалой Кокса. В местных схемах в границах акчагыла установлены ортозоны Матуяма и Гаусс магнитохронологической шкалы и выявлены субзоны Олдувей, Каена и Маммот [3, 8, 9, 12, 14]. В Северном Прикаспии акчагыльские отложения изучены лишь в двух скважинах, где вследствие неполноты разрезов палеомагнитные характеристики описаны весьма схематично [4].

При геологической съемке в 2001 г. Саратовской ГГЭ в Заволжье (Озинковский район) пробурена опорная скважина № 197, вскрывшая морскую толщу плиоцен-плейстоцена мощностью 382 м. Верхние горизонты (52,5 м) по палеонтологическим и палеомагнитным данным отнесены к плейстоцену, основная часть (330 м) датирована акчагылом и киммерием.

Разрез образован преимущественно сероцветными плотными глинами и алевролитами с подчиненными прослоями зеленовато-серых мелкозернистых песков мощностью от 2 до 25 м.

А.А. Жариковым для палеомагнитных определений предоставлена коллекция ориентированных образцов, обработка которой позволила установить основные особенности магнитной зональности акчагыла в его наиболее представительном разрезе на территории Нижнего Поволжья.

Методика работ

На палеомагнитные исследования отобраны ориентированные «верх—низ» штуфы керна из 166 стратиграфических уровней с интервалом отбора 1—3 м. Из каждого штуфа выпиливались не менее четырех кубиков с размером по ребру 20 мм. Лабораторные исследования велись по стандартной методике [6, 7].

Измерения магнитной восприимчивости (k) проведены на приборе ИМВ-2, естественной остаточной намагниченности (J_n) — на спиннер-магнитометре JR-4.

При микроскопическом изучении пород установлено широкое распространение аутигенных сульфидов железа пирротин-грейгитовой группы. Они представлены почковидными, округлыми, пластинчатыми и трубчатыми образованиями алевро-литопесчаной размерности. Наряду с ними присутствует аллотигенный магнетит в виде мелких окатанных зерен ($< 0,01$ мм). Обе магнитные фазы регистрируются по характерным эффектам на дифференциальных термомангнитных кривых (рис. 1).

Образцы коллекции последовательно нагревались в экранированной пермаллоем печи от 100 до 500 °С в течение 1 ч с интервалом 50 °С. Практически во всех образцах уже после слабых магнитных чисток (100—150 °С) векторы группировались в интервалы прямой и обратной полярности.

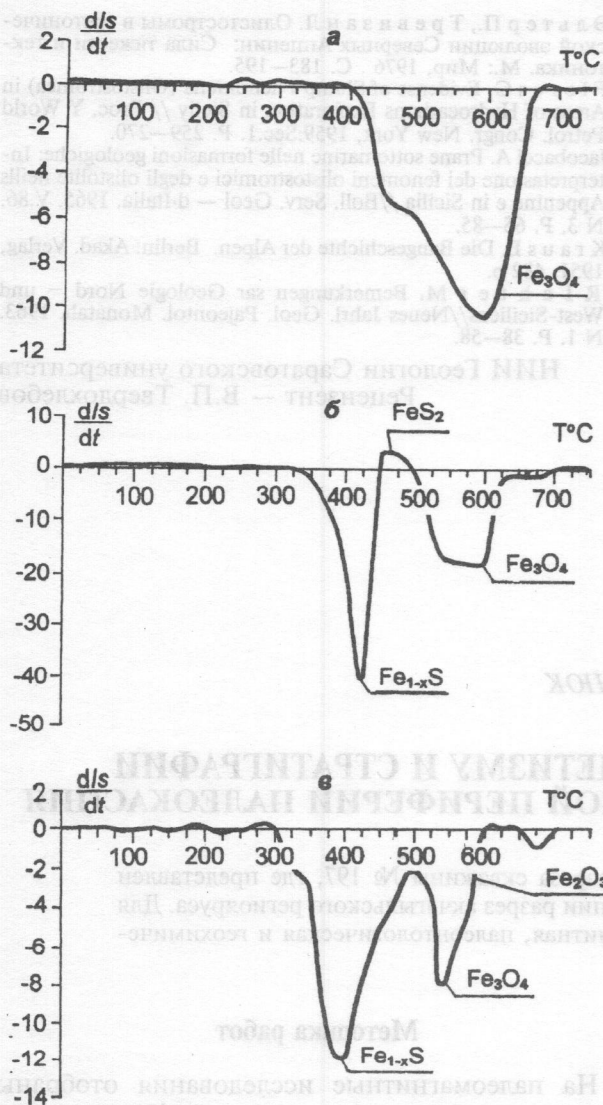


Рис. 1. Типичные кривые ДТМА: а — $k 60 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ, глубина 23 м; б — $k 760 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ, глубина 65 м; в — $k 20 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ, глубина 240 м

В целом исследованная коллекция оказалась вполне пригодной для палеомагнитного анализа. В процессе термочисток вторичная (вязкая) компонента (J_{nv}) разрушается в основном в диапазоне 100—150 °С, что фиксируется резким спадом кривых на графиках J_n/T и их изломом на диаграммах Зийдервельда (рис. 2). Среднетемпературная составляющая J_n фиксируется на диаграммах Зийдервельда в виде сходящихся отрезков прямых. Эта компонента принята за первичную и использовалась для стратиграфического анализа.

Аутигенная природа основных носителей J_n создает известную трудность для интерпретации палеомагнитных данных, поскольку встает вопрос о возможности более позднего формирования магнитных сульфидов относительно осадка. Ситуация осложнена необходимостью работы с керном, ориентированным в положении «верх—низ», и горизонтальным залеганием отложений, что исключает возможность использования большинства стандартных палеомагнитных тестов на первичность J_n . В связи с этим для до-

казательства первичности остаточной намагниченности использовались только два теста.

1. Тест независимости полярности J_n от состава основных магнитных фаз. Для сравнительного анализа подобраны группы образцов с разными носителями естественной остаточной намагниченности и проверены их соотношения с интервалами прямой и обратной полярности. Установлена независимость полярности J_n от состава ее носителей. Монополярные интервалы разреза включают как слои, где основным носителем намагниченности является магнетит, так и слои, обогащенные магнитными сульфидами. В толщах с доминирующей сульфидной магнитной минерализацией зафиксирована неоднократная смена полярности.

2. Тест внешней сходимости. В результате сопоставления палеомагнитного разреза акчагыльских отложений (скв. 197) установлено его несомненное структурное сходство с типовыми разрезами акчагыля на юге Каспийской области [2]. В них обнаружено однотипное чередование интервалов прямой и обратной полярностей по стратиграфической шкале при существенном различии состава основных магнитных фаз. В отличие от Северного Прикаспия в акчагыльских отложениях на юге Каспийской области аутигенная сульфидная минерализация не обнаружена, основные носители J_n здесь обломочные магнетит и гематит [12].

С целью более детального расчленения разреза и оценки палеогеохимических обстановок в акчагыльском бассейне проанализированы особенности распределения скалярных магнитных характеристик пород по стратиграфическому разрезу. Помимо естественных магнитных параметров (J_n и k) исследован параметр kt и построен дополнительно график отношений $dk=kt/k$, который фиксирует изменение магнитной восприимчивости породы после ее нагрева ($t=500$ °С, $T=1$ ч). Эффект kt , обусловленный переходом тонкодисперсного FeS_2 в Fe_3O_4 в процессе окисления, служит чувствительным индикатором геохимических обстановок осадконакопления и может использоваться для стратиграфических построений.

Результаты исследований

В палеомагнитном разрезе большая нижняя часть разреза скважины (72,5—382 м) представлена зоной преимущественно прямой полярности. Верхняя часть разреза характеризуется двумя магнитозонами: прямой (7—32 м) и обратной (32—72,5 м) намагниченности (рис. 3).

В общей магнитохронологической шкале [13] в плиоцен-плейстоценовом временном интервале зарегистрированы три крупные магнитозоны: *N*-Брюнес, *R*-Матуяма и нижняя зона прямой полярности *N*-Гаусс.

В морских разрезах Понто-Каспийской области и Нижнего Поволжья ортозона Гаусс охватывает верхи киммерия, нижний акчагыль и низы среднего акчагыля. Верхи среднего и верхний акчагыль намагничены обратно и соотносятся с ортозоной Матуяма [4, 11, 12, 15]. Верхняя часть

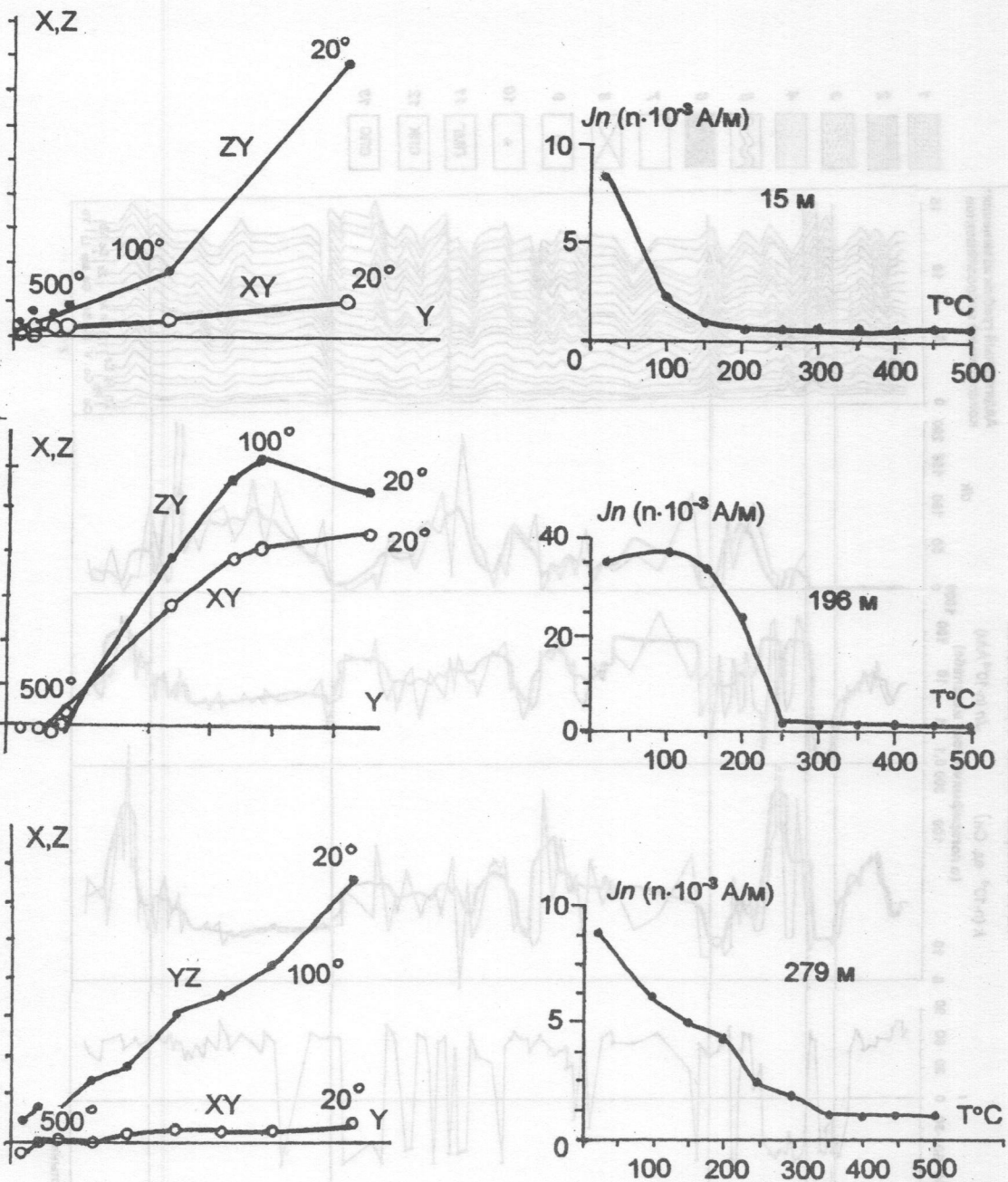


Рис. 2. Характерные диаграммы Зийдверельда

зоны Матуяма отвечает эоплейстоцену, а зона Брюнес эквивалентна в целом неоплейстоцену.

Граница плиоцена и эоплейстоцена проводится по субзоне Олдувей, присутствие которой в разрезе скв. № 197 не установлено. По-видимому, граница попадает в крупный размыв на отметке 52,5 м. На этом уровне и проводится граница ачкагыльского и апшеронского регионарусов. Микроинтервал прямой полярности, задокументированный в зоне Матуяма (48—51 м), возможно, удастся сопоставить с субзоной Харамилью. В объеме оргозоны Гаусс фиксируется четыре *n*-микроинтервала, каждый из которых охарактеризован двумя и более палеомагнитными образцами. Нижние три микроинтервала, выделяемые в интервале 207—263,5 м, можно условно сопо-

ставить с субзонами Каена и Маммот общей магнитостратиграфической шкалы. Таким образом, по палеомагнитным данным основная часть разреза скв. № 197 относится к нижнему—среднему ачкагылу и, возможно, верхам киммерия.

Уточнение в детальное расчленение разреза скважины вносят палеонтологические данные. Обнаруженные в разрезе комплексы морских эвригалинных каридид и мактрид (определения З.Н. Федкович), а также характерный комплекс фораминифер (определения Т.А. Коростелевой) могут свидетельствовать о принадлежности содержащих их пород (63—193 м) к урдинским слоям среднего ачкагыла.

На глубине 53 м определена резкая смена состава остракод. Присутствие в отложениях вида

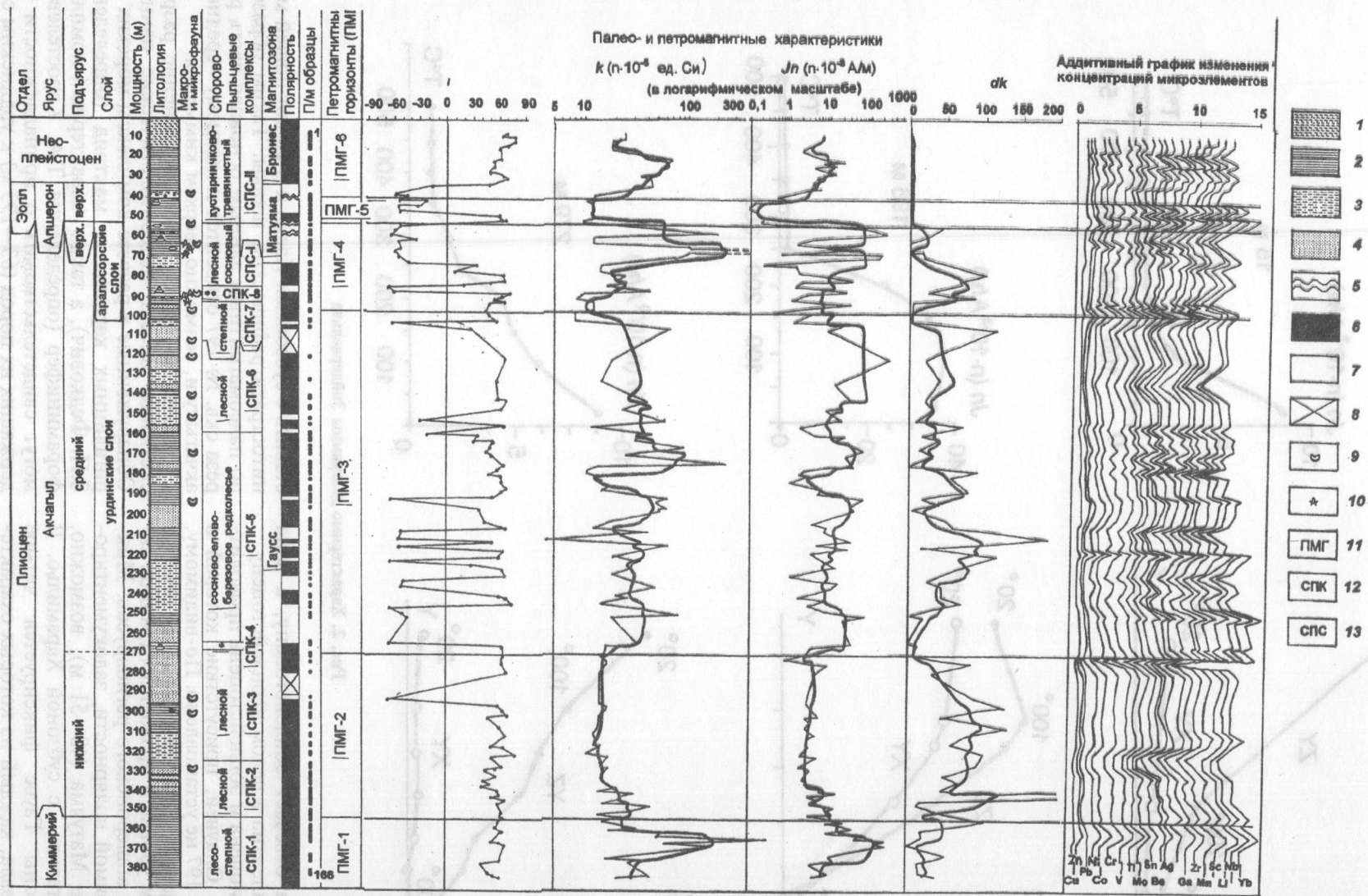


Рис. 3. Магнитостратиграфический разрез плиоцен-плейстоценовых отложений скв. № 197: 1 — суглинок; 2 — глина; 3 — алевроит; 4 — песок; 5 — перерывы в осадконакоплении; 6 — прямая полярность; 7 — обратная полярность; 8 — отсутствие палеомагнитных данных; 9 — уровни отбора микрофауны; 10 — уровни отбора макрофауны; 11 — петромагнитный горизонт; 12 — спорово-пыльцевой комплекс; 13 — спорово-пыльцевой спектр

Paracyprideis naphthascholana (Liv.) (в массовых количествах), по мнению Т.А. Коростелевой, характерно для третьего этапа развития акчагыльского бассейна (аралосорские слои).

В интервале 292—328 м обнаружены единичные остракоды, возраст которых определен в широком диапазоне N_{2ak1-2} . Аналогичное в целом датирование получено и по данным палиностратиграфии (определения Ж.В. Буровой), согласно которым помимо акчагыла в разрезе могут быть представлены и верхние горизонты киммерия в интервале 353—382 м.

Для более детального расчленения разреза привлекались скалярные магнитные характеристики. Исследованная толща обнаруживает значительную вариабельность J_n и k по разрезу (от 0,1—0,5 до $247—259 \cdot 10^{-3}$ А/м по J_n и от 10—25 до $200—760 \cdot 10^{-5}$ ед.СИ по k). В разрезе выделены шесть крупных интервалов высокой и пониженной магнитности, которые пронумерованы снизу вверх как петромагнитные горизонты ПМГ-1, ПМГ-2 и т. д. (рис. 3). Последние отражают неоднородность плиоцен-плейстоценовой толщи, обусловленную изменчивостью концентраций магнитных сульфидов железа по разрезу.

Установленная ранее связь аутигенного сульфидообразования с условиями осадконакопления позволяет предположить, что в магнитной вариабельности разреза отражена его седиментационная ритмичность, а в конечном счете и трансгрессивно-регрессивные колебания Палеокаспия. Основная масса аутигенных сульфидов железа приурочена к отложениям трансгрессивных седиментационных циклов, где сульфиды обычно ассоциируют с тонкодисперсным растительным детритом [1, 10].

В результате сравнительного анализа кривых k и dk по разрезу скважины установлена их обратная зависимость: для интервалов с повышенными значениями магнитной восприимчивости характерны интервалы с низкими значениями dk , а интервалы с пониженной k соотносятся с высокой dk . Следовательно, во время трансгрессивных седиментационных циклов образование пирита уменьшалось и интенсивно кристаллизовались пирротин и грейгит. Для регрессивных стадий типично возникновение немагнитных сульфидов.

В частности, сильномагнитные петромагнитные горизонты ПМГ-3 и ПМГ-4 формировались в период максимальной акчагыльской трансгрессии. Опресненным осадкам нижнего акчагыла, образованным в период регрессии Палеокаспия, свойственна пониженная магнитность (ПМГ-2). ПМГ-1 с повышенными значениями скалярных характеристик можно сопоставить с трансгрессивной фазой, максимум которой фиксируется в верхнем киммерии.

На рис. 4 приведено сопоставление кривой распределения величин магнитной восприимчивости по разрезу скв. № 197 с кривой колебания береговой линии Каспийского бассейна в акчагыльское время [5]. На графике k выявлены три крупных максимума, средний из которых расщеплен узким интервалом с низкими значениями. На кривой колебания береговой линии Каспия зафиксировано такое же количество максимумов в данном возрастном интервале. Сходные вариации приведенных кривых являются еще одним подтверждением связи между скалярными магнитными характеристиками пород и трансгрессивно-регрессивными колебаниями Палеокаспия.

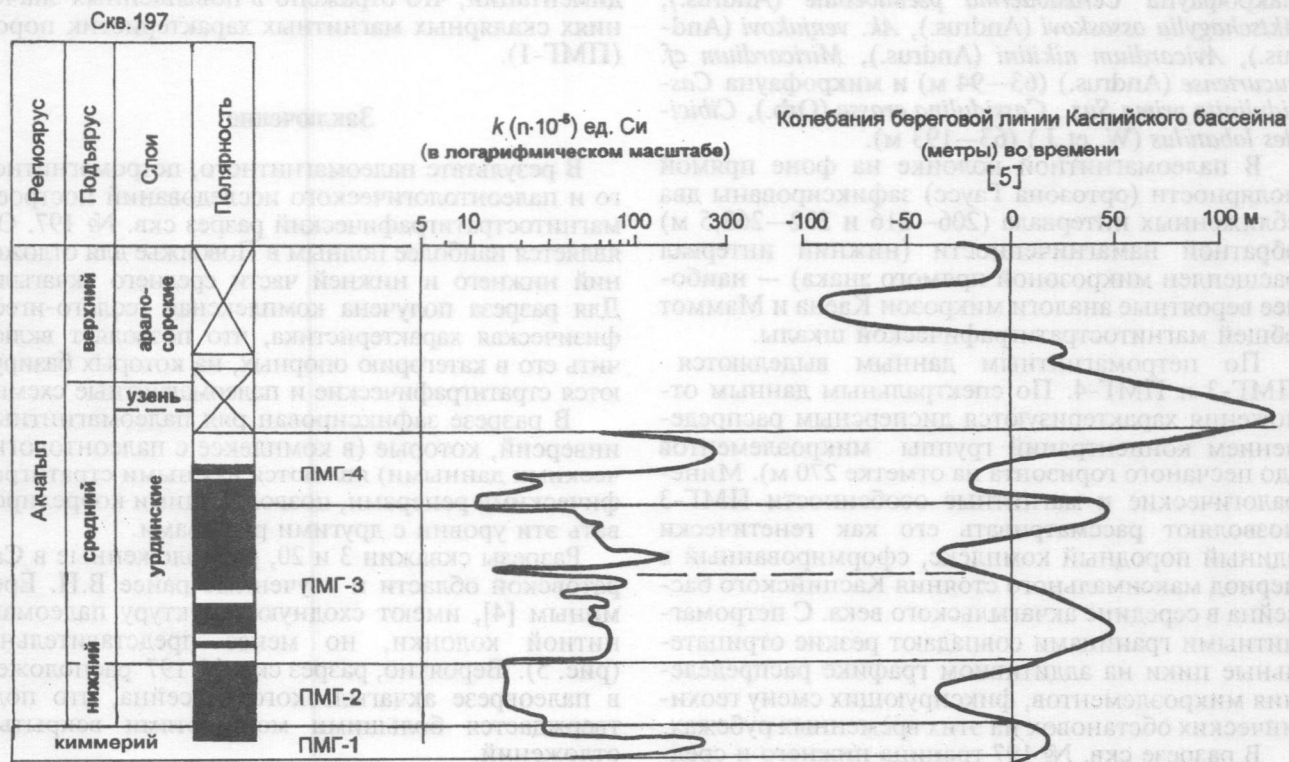


Рис. 4. Сопоставление кривой распределения величин магнитной восприимчивости по разрезу скв. № 197 с кривой колебания береговой линии Каспийского бассейна. Усл. обознач. см. рис. 3

В рамках комплексного исследования И.Ю. Фроловым изучены закономерности распределения концентраций различных микроэлементов по разрезу. По ассоциациям элементов, выделенных на основе анализа корреляционных матриц, выявлена группа коррелятивно связанных элементов (Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, V, Ti, Mo, Sn, Be, Ag, Y, Ga, Zr, Mn, Sc, Li, Nb, Yb). Их аддитивный график фиксирует суммарное уменьшение (либо увеличение) концентраций микроэлементов по разрезу.

Показательно совпадение петромагнитных границ с изломами на аддитивном графике и с границами палинологических комплексов. Подобные совпадения могут свидетельствовать о событийной природе указанных границ и их парагенетической взаимосвязи с условиями осадконакопления. Исходя из этой посылки, по совокупности палеонтологических, палинологических, минералого-геохимических, палео- и петромагнитных данных предлагается следующее расчленение плиоценовой части разреза скв. № 197 (сверху вниз):

Акчагельский региоярус. Верхний подъярус. Ара-лосорские слои (52,5—58 м). Глины зеленовато-серые, плотные с фауной солоноватоводных остракод *Paracyprideis naphthascholana* (Liv.). В палеомагнитном отношении интервал представлен фрагментом магнитозоны Матуяма и соотносится с верхней частью ПМГ-4. Подошва верхнего акчагыла установлена по размыву на глубине 58 м.

Акчагельский региоярус. Средний подъярус. Урдинские слои (58—270 м). Глины серые, темно-серые с прослоями песков в нижней части и мало-мощными (от 1 до 6 м) прослоями алевритов в верхней части слоев. В отложениях обнаружена макрофауна *Cerastoderma pseudoedule* (Andrus.), *Aktschagylia ossoskovi* (Andrus.), *Ak. venjukovi* (Andrus.), *Avicardium nikitini* (Andrus.), *Miricardium cf. cucurturne* (Andrus.) (63—94 м) и микрофауна *Cassidulina prima* Suz., *Cassidulina crassa* (Orb.), *Cibicides lobatulus* (W. et J.) (63—193 м).

В палеомагнитной колонке на фоне прямой полярности (ортозона Гаусс) зафиксированы два сближенных интервала (206—216 и 232—263,5 м) обратной намагниченности (нижний интервал расщеплен микрозоной прямого знака) — наиболее вероятные аналоги микрозон Каена и Маммот общей магнитостратиграфической шкалы.

По петромагнитным данным выделяются ПМГ-3 и ПМГ-4. По спектральным данным отложения характеризуются дисперсным распределением концентраций группы микроэлементов (до песчаного горизонта на отметке 270 м). Минералогические и магнитные особенности ПМГ-3 позволяют рассматривать его как генетически единый породный комплекс, сформированный в период максимального стояния Каспийского бассейна в середине акчагельского века. С петромагнитными границами совпадают резкие отрицательные пики на аддитивном графике распределения микроэлементов, фиксирующих смену геохимических обстановок на этих временных рубежах.

В разрезе скв. № 197 граница нижнего и среднего акчагыла, если ориентироваться на петромагнитную ритмику, должна проходить близ

основания субзоны Маммот, на глубине 270 м. Если же учитывать первое появление морской фауны, то границу следует проводить выше по разрезу, примерно на отметке 200 м. Поскольку отложения в интервале 200—270 м не содержат руководящих ископаемых остатков, автором принят первый вариант интерпретации с акцентом на петромагнитные и отчасти на палинологические данные.

Акчагельский региоярус. Нижний подъярус (270—353 м). Глины темно-серые, плотные, тонкослоистые с прослоями песков и алевритов зеленовато-серых. Обнаружены единичные солоноватоводные и пресноводные остракоды *Cypria Pseudoarma Popova*, *Candona convexa* Liv. и др. СПК-2 и СПК-3 лесного типа свойственны второй половине нижнего акчагыла.

По магнитной зональности нижний акчагыл неотличим от среднего и характеризуется устойчивой прямой намагниченностью. В петромагнитной колонке ему соответствуют слабромагнитные породы ПМГ-2. Приведенные данные свидетельствуют, что эти отложения образовались в условиях опресненного бассейна в период максимальной регрессии Палеокаспия. С известной условностью отложения можно сопоставить с низами акчагыла без более дробного подразделения.

Киммерийский региоярус (353—382 м). Глины темно-серые, тонкослоистые, алевритистые, в нижней части с прослойками черного обуглившегося материала. Фаунистически породы не охарактеризованы и датированы по лесостепному спорово-пыльцевому комплексу (СПК-1), характерному для верхнекушумских слоев Северного Прикаспия и Нижнего Поволжья.

Верхняя граница киммерийского региояруса проводится на отметке 353 м по смене условий седиментации, что отражено в повышенных значениях скалярных магнитных характеристик пород (ПМГ-1).

Заключение

В результате палеомагнитного, петромагнитного и палеонтологического исследований построен магнитостратиграфический разрез скв. № 197. Он является наиболее полным в Поволжье для отложений нижнего и нижней части среднего акчагыла. Для разреза получена комплексная геолого-геофизическая характеристика, что позволяет включить его в категорию опорных, на которых базируются стратиграфические и палеомагнитные схемы.

В разрезе зафиксирован ряд палеомагнитных инверсий, которые (в комплексе с палеонтологическими данными) являются важными стратиграфическими реперами, позволяющими коррелировать эти уровни с другими разрезами.

Разрезы скважин 3 и 20, расположенные в Саратовской области и изученные ранее В.Н. Ереминым [4], имеют сходную структуру палеомагнитной колонки, но менее представительны (рис. 5). Вероятно, разрез скв. № 197 расположен в палеоврезе акчагельского бассейна, что подтверждается большими мощностями вскрытых отложений.

Особенность настоящего разреза — крупный стратиграфический перерыв в верхней части.

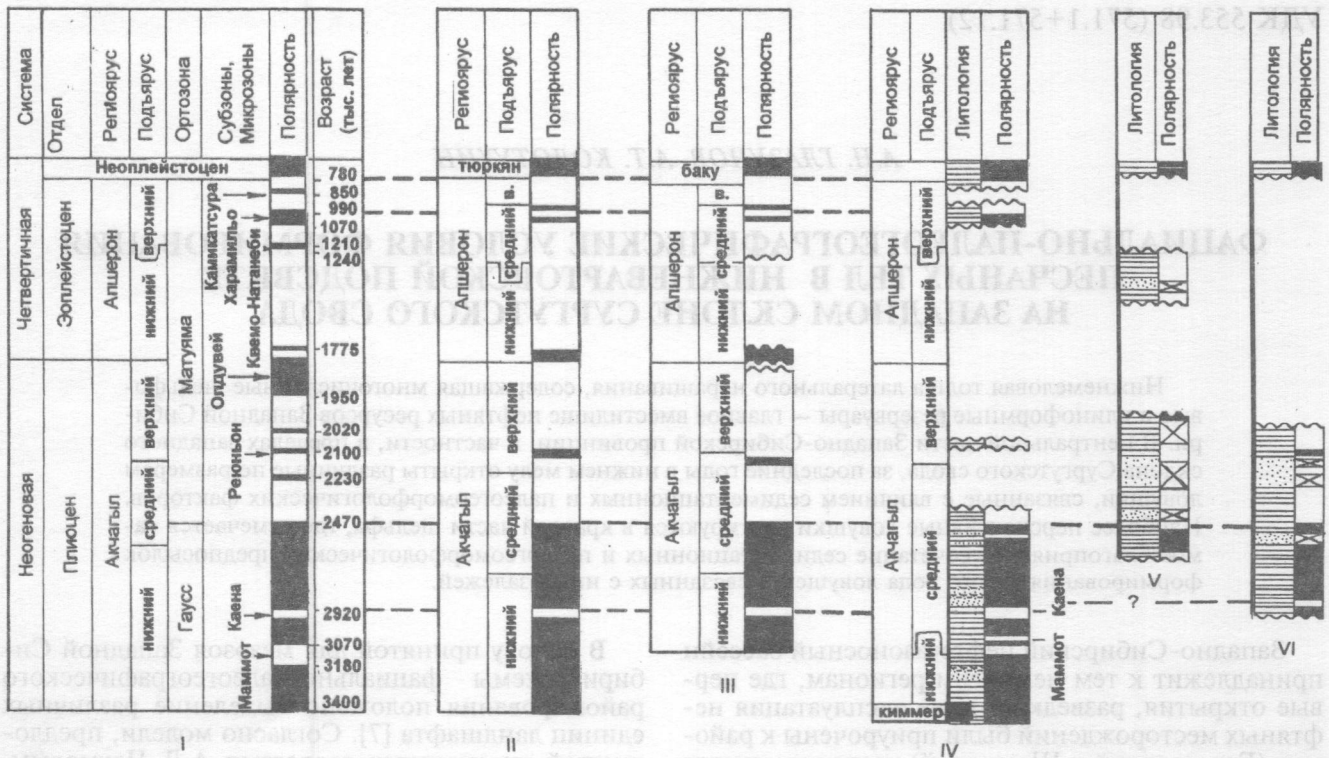


Рис. 5. Корреляционная палеомагнитная схема плиоцен-плейстоценовых отложений: I — общая магнитостратиграфическая шкала [15] с дополнениями [3]; II — палеомагнитный разрез Каспийской области [2]; III — палеомагнитный разрез Северного Прикаспия [4]; IV — скважина 197, Озинковский район, Саратовская область; V — скважина 20, с. Александров Гай, Саратовская область [4]; VI — скважина 3, с. Кошели, Саратовская область [4]. Усл. обознач. см. рис. 3

Здесь практически отсутствуют верхи среднего и верхний акчагыл, а также большая зоплейстоценовая часть сыртовой толщи. Столь крупная редукция обусловлена, видимо, местной тектонической активизацией в конце плиоцена-эоплейстоцене.

Разрез скв. № 197 был сопоставлен со сводными палеомагнитными разрезами Каспийской области [2] и Северного Прикаспия [4]. Основные палеомагнитные уровни (инверсии Гаусс—Мату-

яма и Матуяма—Брюнес, субзоны Каена, Маммот и Харамильо), выявленные при изучении разреза скв. № 197, четко распознаются в представленных разрезах, а при выходе на общую магнитохронологическую шкалу [3, 13] приобретают абсолютную датировку (рис. 5).

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Университеты России, проект 09.01.030

ЛИТЕРАТУРА

- Ахлестина Е.Ф., Кармишина Г.И. К вопросу о фашиях, цикличности осадконакопления и этапности развития микрофауны в позднем плиоцене Прикаспийской впадины // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Саратов: Изд-во СГУ, 1973. С. 17—30.
- Гурарий Г.З., Трубин В.М. Цикличность развития Западно-Туркменской части Палеокаспия в позднем кайнозое и палеомагнитная шкала // Граница неогеновой и четвертичной системы. М.: Наука, 1980. С. 3—11.
- Дополнения к Стратиграфическому кодексу России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.
- Еремин В.Н. Стратиграфия новейших отложений нижнего и среднего Поволжья по палеомагнитным данным. Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Саратов, 1986. 231 с.
- Зубаков В.А. Глобальные климатические события неогена. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 224 с.
- Молостовский Э.А., Храмов А.Н. Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Саратов: Изд-во СГУ, 1997. 80 с.
- Палеомагнитология. Л.: Недра, 1982. 312 с.
- Певзнер М.А. Стратиграфия среднего миоцена—плиоцена Юга Европы (по палеомагнитным данным). Автореф. дисс. докт. геол.-мин. наук. М., 1986. 36 с.
- Певзнер М.А., Семенов В.Н. Корреляция верхнего миоцена и плиоцена Понто-Каспия по биостратиграфическим и палеомагнитным данным // Изв. АН СССР, сер. геол. 1979. № 1. С. 5—15.
- Седайкин В.М., Гоннов В.В., Коваленко Н.Д. и др. Опорный разрез новейших отложений северо-западного Прикаспия. Саратов, 1988. 39 с.
- Третьяк А.Н., Волок З.Е. Палеомагнитная стратиграфия плиоцен-четвертичных осадочных толщ Украины. Киев: Наук. думка, 1976. 86 с.
- Трубин В.М. Палеомагнетизм и стратиграфия акчагыльских отложений Западной Туркмении // Тр. ГИН АН СССР. 1977. В. 301. 77 с.
- Харленд У.Б., Кокс А.В., Ллевеллин П.Г. и др. Шкала геологического времени. М.: Мир, 1985. 139 с.
- Храмов А.Н. Палеомагнитные разрезы плиоцена и плейстоцена Апшеронско-Закаспийской области и их корреляция // Тр. ВНИГРИ. 1963. В. 204. С. 220—263.
- Molostovskiy E.A. Magnetostratigraphy of the Pliocene deposits in Black Sea, Caspian regions and adjacent areas // Geodiversitas. 1997. N 19(2). P. 471—495.

НИИ Геологии Саратовского университета
Рецензент — Э.А. Молостовский