

УДК 550.384

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В БАРРЕМЕ ПО СЕВЕРОКАВКАЗСКИМ СЕРОЦВЕТНЫМ ОСАДКАМ

© 2002 г. А. Ю. Гужиков<sup>1</sup>, А. Ю. Куражковский<sup>2</sup>, Н. А. Куражковская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Саратовский государственный университет, геологический факультет

<sup>2</sup>Геофизическая обсерватория “Борок” ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, п. Борок, Ярославской обл.

Поступила в редакцию 15.01.2001 г.

По осадкам трех северокавказских разрезов исследованы вариации напряженности геомагнитного поля в барремском веке. Обнаружено, что в это время напряженность земного магнитного поля изменялась в широких пределах, и в некоторые моменты ее величина превышала современное значение. Проведен анализ поведения параметров, используемых в определениях вариаций геомагнитного поля. Показано, что в двух разрезах их вариации связаны, скорее всего с поведением магнитного поля. На примере изучения осадков третьего разреза показано влияние петромагнитной неоднородности отложений на возможность определения древнего геомагнитного поля.

*Ключевые слова:* вариации геомагнитного поля, осадки.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время осадочные породы, имеющие возраст более 10 млн. лет, крайне редко используются для определения напряженности древнего магнитного поля. Одной из причин этого является распространенный тезис о том, что даже в случае хорошей сохранности первичной намагниченности, трудно определить, чем вызваны изменения ее величины: вариациями магнитного поля или условиями осадконакопления. В то же время без исследования осадочных объектов даже значительные события в истории геомагнитного поля могут навсегда остаться неизвестными.

Особенность определения вариаций палеонапряженности заключается в том, что кроме стандартных определений первичности и природы естественной остаточной намагниченности, требуется обоснование пригодности исследуемых отложений для реконструкции поведения модуля древнего магнитного поля. Общепринято, что если осадочная толща структурно и магнитоминералогически более-менее однородна, изменения величины вектора естественной намагниченности по мощности связаны с вариациями магнитного поля и, следовательно, отложения пригодны для реконструкции палеонапряженности. Поскольку образцы отложений, используемых в палеомагнитных реконструкциях, как правило, имеют межпластовые структурные и минералогические различия, при определении вариаций палеонапряженности приходится решать вопрос о значимости этих различий.

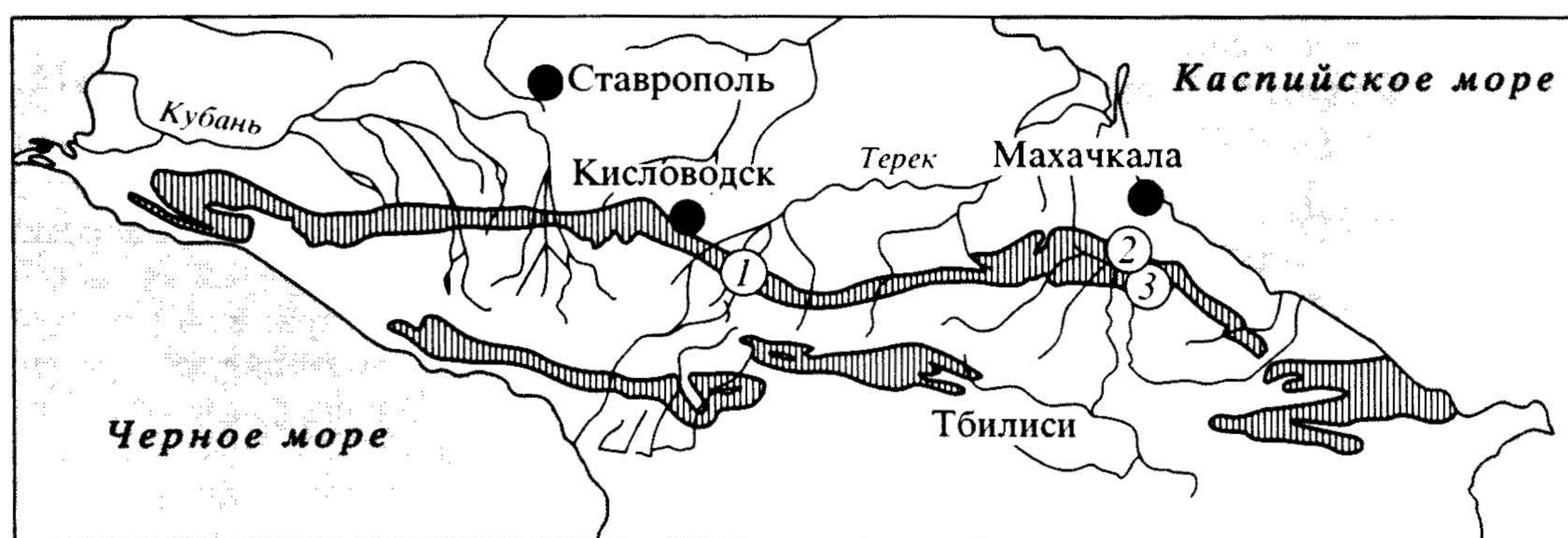
Для оценки магнитоминералогической однородности осадочной толщи широкое распространение получил критерий однородности структу-

ры магнитных зерен [Петрова, 1996; Поспелова, 1999], согласно которому зависимость остаточной намагниченности насыщения от магнитной восприимчивости должна быть линейной. В грубодисперсных осадках на величину естественной намагниченности ориентационной природы согласно [Бураков, 1975] значительно влияет структура осадка. Оценка значимости вариаций структуры осадка и магнитоминералогического состава может быть сделана на основе постоянства отношения  $I_{rd}/I_{rs}$  ( $I_{rd}$  – лабораторная ориентационная намагниченность,  $I_{rs}$  – остаточная намагниченность насыщения). Однако в общем виде вопрос о достаточности имеющихся критериев “однородности” для корректного определения напряженности древнего магнитного поля не решен. В связи с этим настоящая работа преследует две цели: определение вариаций напряженности геомагнитного поля в барреме и поиск дополнительных обоснований правильности их определения.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА

Нами исследовались образцы из трех разрезов морских сероцветных преимущественно алевроитовых нижнемеловых отложений Северного Кавказа. Эти разрезы находятся на р. Урух (Северная Осетия), около с. Гергебиль (Дагестан) и с. Акуша (Дагестан) (рис. 1). Расстояние между осетинским и дагестанскими разрезами около 400 км, а между дагестанскими – около 30 км. Мощности исследованных барремских отложений составляют 70 м (Урух), 37 м (Гергебиль) и 100 м (Акуша). Средний интервал между исследованными стра-





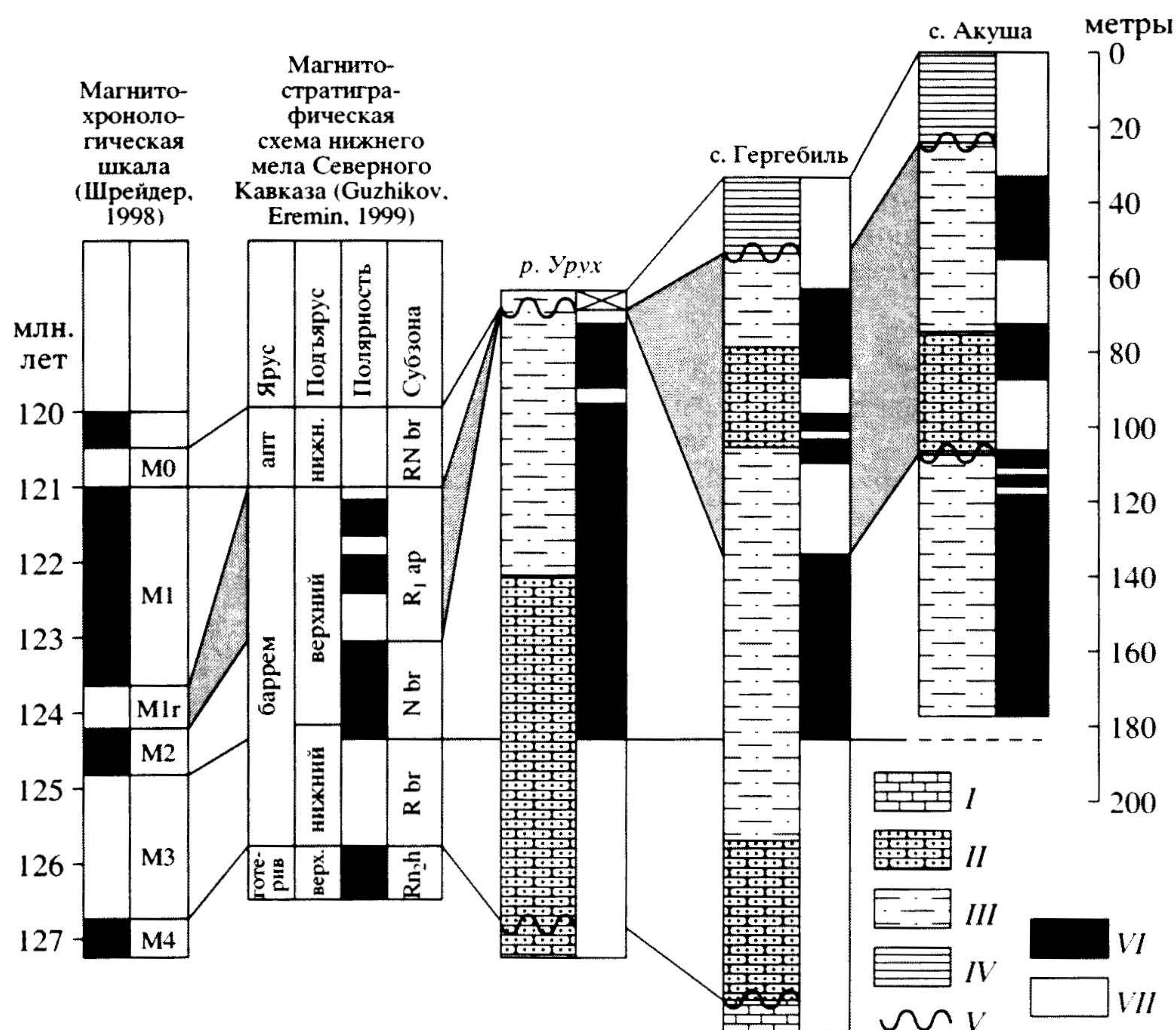
**Рис. 1.** Схема расположения изученных разрезов: 1 – р. Урух, 2 – с. Гергебиль, 3 – с. Акуша. Вертикальной штриховкой показаны выходы нижнемеловых отложений на дневную поверхность.

тиграфическими уровнями в разрезе Урух был 6 м, Акуша – 9 м и Гергебиль – 2 м.

Отложения надежно датированы с точностью до подъяруса, их нижнебарремский возраст обоснован палеонтологическими [Друщиц, 1966, 1986;

Мордвилко, 1962; Нижний мел ..., 1995] и в дальнейшем подтвержден палеомагнитными данными [Guzhikov, Eremin, 1999] (рис. 2).

Нами исследовались отложения из зоны преимущественно прямой полярности, обозначенной



**Рис. 2.** Палеомагнитная корреляция барремских отложений Северного Кавказа и их сопоставление с магнитохронологической шкалой. Условные обозначения: I – известняки, II – преимущественно песчаники, III – преимущественно алевролиты, IV – глины, V – перерыв в осадконакоплении. Полярность: VI – прямая, VII – обратная.



на схеме  $N_{br}$ . Образцы из тонких слоев с обратной полярностью при построении кривой палеонапряженности не рассматривались.

Гранулометрический состав осадков во всех разрезах изменялся приблизительно в одинаковых пределах. Модальный размер частиц образцов составлял 15–70 мкм.

Ранее проведенные исследования дают основание полагать, что основная часть естественной намагниченности является первичной. Термомагнитным и оптическим методами было установлено, что основным носителем естественной остаточной намагниченности ( $I_n$ ) является терригенный обломочный магнетит. Векторно-компонентный анализ показал, что после нагрева выше 200°C  $I_n$  образцов из всех исследованных горизонтов становилась однокомпонентной [Guzhikov, 1999].

Для оценки вариаций палеонапряженности использовалось поведение параметров:  $R_{ns} = I_n/I_{rs}$ ,  $R_{ni} = I_n/I_{ri}$  и  $P = I_n/I_{rd}$ , где  $I_{ri}$  – идеальная остаточная намагниченность, (параметр  $P$  известен как коэффициент переосаждения). С помощью  $R_{ns}$  и  $R_{ni}$  оценивались относительные изменения модуля геомагнитного поля, а переосаждением определялись его абсолютные значения.

На образцах-дублях было обнаружено, что вязкая намагниченность в большинстве случаев не превышала 15%  $I_n$ . Коэффициент переосаждения образцов, прошедших экранную чистку, совпадает с  $P$  осадков после 200° термоочистки.

Для иллюстрации результатов работы использованы магнитные параметры, у которых  $I_n$  измерялась после 2-х недельной выдержки в пермалловом экране,  $I_{rd}$  после 2–3-дневной (продолжительность переосаждения) выдержки в экране,  $I_{ri}$  и  $I_{rs}$  – непосредственно после создания.

Первичная оценка структурной и магнитоминералогической однородности осадков осуществлялась с помощью анализа зависимости  $I_{rs}$  от магнитной восприимчивости- $k$  [Петрова, 1996; Поспелова, Шаронова, 1999]. Во всех случаях эта зависимость была линейной (с небольшой дисперсией) и имела вид для разрезов: Урух  $I_{rs} = 11 \times 10^3 k$ , Гергебиль  $I_{rs} = 12 \times 10^3 k$  и Акуша  $I_{rs} = 10 \times 10^3 k$ . В дальнейшем для этих целей использовались значения параметра  $I_{rd}/I_{rs}$  [Куражковский, Куражковская 2001]. Этот способ оценки однородности отложений имеет много общего с общепринятым. Однако, по нашему мнению, он лучше позволяет обнаружить горизонты отложений, в которых изменение структуры значимо сказывается на поведении ориентационной намагниченности.

## ОЦЕНКА ВАРИАЦИЙ ПАЛЕОНАПРЯЖЕННОСТИ

На рис. 3 показано поведение описанных выше параметров трех исследованных разрезов осадков. Изменение коэффициента переосаждения показано в единицах, полученных из отношения  $I_n/I_{rd}$ , остальные параметры изображены в относительных единицах, позволяющих разместить их на одном рисунке. В двух разрезах (Урух и Акуша)  $R_{ns}$ ,  $R_{ni}$  и  $P$  изменялись практически синхронно (рис. 3а, 3б). Поведение параметров  $R$  проинтерпретировано нами, как относительные изменения напряженности геомагнитного поля, а с помощью  $P$  сделана оценка его абсолютных значений. Полученные нами абсолютные и относительные оценки палеонапряженности изменяются синхронно и с одинаковым размахом в соответствии с возрастом отложений (по мощности разрезов) (рис. 3а, 3б). Из них следует, что напряженность геомагнитного поля в барреме составляла от 0.2 до 2.5 величины современного лабораторного магнитного поля – ( $H_0$ ), при этом его среднее значение составляло  $0.65H_0$ .

Совершенно иная картина наблюдалась в ходе параметров осадков разреза Гергебиль (рис. 3в). В этом разрезе параметры изменялись не синхронно и с различным размахом. Так размах изменения  $R_{ns}$  составлял –4,  $R_{ni}$  –5.3 и  $P$  –3.1.

Параметр  $I_{rd}/I_{rs}$ , который в ходе работы был использован для характеристики магнитоминералогической и структурной однородности осадков, изменялся следующим образом. В разрезе Урух его вариации составляли  $(2.5–5) \times 10^{-3}$ , в разрезе Акуша  $(3–6) \times 10^{-3}$  и в разрезе Гергебиль  $(0.8–8.8) \times 10^{-3}$ . Сравнение вариаций параметра показывает, что осадки разрезов Урух и Акуша являются значительно более однородными в отношении способности приобретать ориентационную намагниченность, чем отложения разреза Гергебиль.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Если предположение о том, что ход параметров ( $R_{ns}$ ,  $R_{ni}$ ,  $P$ ) отражает поведение напряженности геомагнитного поля верно, то их изменение должно происходить синхронно. Это, в целом, и наблюдается в разрезах Урух и Акуша. В обоих разрезах значение параметра  $I_{rd}/I_{rs}$  превышает  $2 \times 10^{-3}$ , это свидетельствует о том, что отложения можно использовать для определения палеонапряженности методом переосаждения. Дисперсия параметра “однородности” превышает 20%, следовательно, ошибка в определении размера вариаций напряженности может быть выше 10% [Куражковский, 2001].

Всплеск параметров  $R$  и  $P$  в обеих толщах приурочен к слоям, одновозрастность которых с достаточной высокой точностью (порядка  $10^6$  лет),



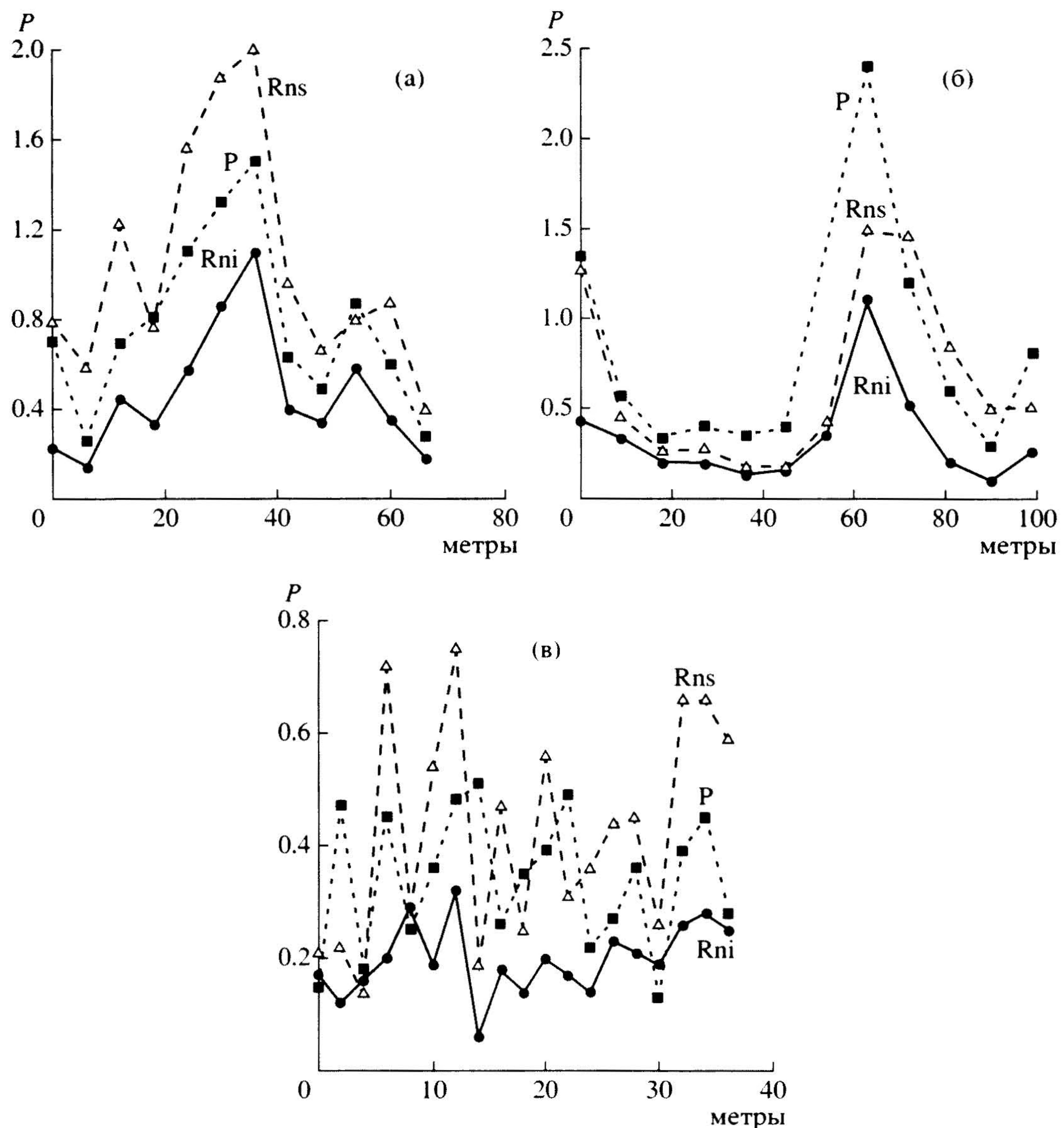


Рис. 3. Изменение  $R_{ns}$ ,  $R_{ni}$  и  $P$  по разрезам: Урух (а), Акуша (б), Гергебиль (в); отсчет расстояния по оси абсцисс ведется от верхнего горизонта к нижнему.

обоснована комплексом палеонтологических и палеомагнитных данных (рис. 2). Это позволяет допустить, что в обоих разрезах зафиксировано одно и то же палеомагнитное событие.

Различие в динамике палеомагнитных параметров осадков разреза Гергебиль, по мнению авторов, объясняется неодинаковостью структуры образцов. В этом случае, по крайней мере, два из трех параметров не отслеживают динамику модуля геомагнитного поля. По разрезу Гергебиль разброс параметров  $R$  превышает разброс  $P$ , это согласно [Куражковский, 2001] указывает на значимое влияние изменения условий осадконакоп-

ления на поведение естественной намагниченности. Вариации палеонапряженности по таким объектам могут грубо оцениваться переосаждением, применение других методов дает ошибки, превышающие размер самих вариаций [Куражковский, 2001].

Сравнение параметра  $I_{rd}/I_{rs}$  осадков исследуемых разрезов показывает, что в разрезе Гергебиль его изменения происходят с максимальной амплитудой. Следовательно, осадки этого разреза являются самыми неоднородными в отношении способности приобретать ориентационную намагниченность. Относительно низкие значения  $I_{rd}/I_{rs}$  указывают на то, что отложения некоторых го-



ризонтов этого разреза в лаборатории, при используемом способе переосаждения, плохо приобретают ориентационную намагниченность.

Первоначальный вывод о том, что их естественная намагниченность, скорее всего, имеет ориентационное происхождение, не противоречит полученным результатам. Низкие значения  $I_{rd}/I_{rs}$  в первую очередь свидетельствуют о методических трудностях определения вариаций палеонапряженности, которые, в некоторых случаях, могут быть решены подбором способов переосаждения [Куражковский, 1990].

Образцы разрезов Урух и Акуша отвечают всем известным в настоящее время требованиям, предъявляемым к осадкам, которые используются для определения палеонапряженности: одинаковая природа  $I_n$ , однородность, одинаковый ход  $R$  и  $P$  параметров, высокая способность приобретения  $I_{rd}$ , которая обуславливает независимое поведение  $P$  от способа переосаждения [Куражковский, 1990].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно результатам исследования осадков разрезов Урух и Акуша, напряженность геомагнитного поля в начале барремского века изменялась в широких пределах, составляя от 0.2 до  $2.5H_0$  при среднем значении  $0.6H_0$ .

Полученные результаты в среднем соответствуют общепринятым представлениям о поведении геомагнитного поля в барремском веке, однако столь

значительный всплеск палеонапряженности на этом временном интервале зафиксирован впервые.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бураков К.С., Рябушкин П.К. О намагниченности крупнозернистых осадков // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1975. № 7. С. 127–128.
- Друщиц В.В., Михайлова И.А. Биостратиграфия нижнего мела Северного Кавказа. М.: Изд. МГУ. 1966. 190 с.
- Друщиц В.В., Михайлова И.А. Восточная часть Северного Кавказа часть Северного склона Кавказа. Стратиграфия СССР. Меловая система. Полутом 1. М. 1986. С. 161–165.
- Куражковский А.Ю. Влияние начального влагосодержания на намагниченность осадков // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1990. № 10. С. 76–80.
- Куражковский А.Ю., Куражковская Н.А. Оценка ошибок, вносимых меняющимися условиями осадконакопления в реконструкцию вариаций напряженности геомагнитного поля // Физика Земли. 2001. № 4. С. 31–35.
- Мордовилко Т.А. Нижнемеловые отложения Северного Кавказа и Предкавказья. М.–Л.: Изд. АН СССР. Т. 2, 1962. 295 с. Нижний мел Юга СССР. М.: Наука. 1985. 224 с.
- Петрова Г.Н. Изменение магнитного момента Земли за последние 340 тысяч лет // Физика Земли. 1996. № 10. С. 4854.
- Поспелова Г.А., Шаронова З.В. Напряженность геомагнитного поля 53–22 тыс. лет тому назад // Физика Земли. 1999. № 10. С. 74–83.
- Guzhikov A., Eremin V. Regional magnetic zonality scheme for the berriasian-lower Aptian from the North Caucasus. Geodiversitas. 21 (3). 1999. P. 387–406.