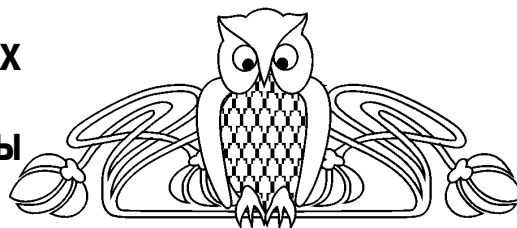




УДК 550.382.3, 550.838, 551.263.1

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О МАГНИТНЫХ СВОЙСТВАХ ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ



А. П. Пронин, А. Ю. Гужиков, А. М. Суринский

Пронин Алексей Петрович, менеджер по анализу керн, ТОО «Компания Жahan» (Атырау, Казахстан), kcr@zhahancorpany.kz

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры общей геологии и полезных ископаемых, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, aguzhikov@yandex.ru

Суринский Арсений Михайлович, ассистент кафедры общей геологии и полезных ископаемых, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, arsur91@yandex.ru

Изучены магнитные свойства магматических и осадочных пород нижнего карбона и верхней перми, вскрытых скважинами на юге Прикаспийской впадины. Нижнекаменноугольные вулканы характеризуются низкими (первые десятки  $10^{-5}$  ед. СИ), а верхнепермские – высокими (сотни и первые тысячи  $10^{-5}$  ед. СИ) значениями объемной магнитной восприимчивости. Среди верхнепермских осадочных пород встречаются разности, представленные конгломератами с литокластами вулканических пород и песчаниками, с высокими значениями магнитной восприимчивости (от первых сотен до тысячи  $10^{-5}$  ед. СИ). Предполагается, что региональная положительная магнитная аномалия на юге Прикаспийской впадины частично может быть обусловлена верхнепермскими породами.

**Ключевые слова:** Прикаспийская впадина, региональная магнитная аномалия, магнитная восприимчивость, карбон, пермь.

### New Data on Magnetic Properties of Upper Paleozoic Deposits in the South of Precaspian Depression

A. P. Pronin, A. Yu. Guzhikov, A. M. Surinskiy

Aleksey P. Pronin, ORCID 0000-0002-5684-5040, LLP «Company Zhahan», 32, Severnaya Promzona, Atyrau, 060010, Kazakhstan, kcr@zhahancorpany.kz

Andrey Yu. Guzhikov, ORCID 0000-0002-0579-3981, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, aguzhikov@yandex.ru

Arseniy M. Surinskiy, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya str., Saratov, 410012, Russia, arsur91@yandex.ru.

The magnetic properties of igneous and sedimentary rocks of Lower Carboniferous and Upper Permian, were studied in the core samples from the boreholes, situated in the south of Precaspian depression. The volcanic rocks of Lower Carboniferous are characterized by low (first decades  $10^{-5}$  SI units), and Upper Permian – by high (hundreds and first thousands  $10^{-5}$  SI units) values of volume magnetic susceptibility. Among the Upper Permian sedimentary rocks occur some varieties,

represented by conglomerates with lithoclastes of volcanic rocks and sandstones, with high values of magnetic susceptibility (from first hundreds till thousand  $10^{-5}$  SI units). It is expected, that regional positive magnetic anomaly in the south of Precaspian depression may be partially related to Upper Permian rocks.

**Key words:** Precaspian depression, regional magnetic anomaly, magnetic susceptibility, Carboniferous, Permian.

DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-4-259-265

### Введение

Проведенные в последнее время исследования магнитных свойств среднего карбона, верхней перми и верхнего триаса в южной части Прикаспийской впадины выявили на глубине от 1 до 5 км сильномагнитные образования, которые при условии широкого латерального распространения и достаточной мощности способны создавать региональные магнитные аномалии интенсивностью в сотни наноТесл [1]. Полученные данные хорошо согласуются по глубине залегания кровли магнитных аномалий с результатами расчетов В. М. Пилифосова с соавт. [2], согласно которым источники более чем сорока положительных магнитных аномалий в пределах Южно-Эмбинского прогиба, северной акватории Каспия и Астраханско-Актюбинской системы поднятий находятся в 1–3 км выше подошвы дислоцированного додевонского комплекса, т. е. в пределах девона – нижнего карбона. В то же время ряд исследователей Прикаспийской впадины полагают, что магнитные аномалии связаны с породами, залегающими глубже 7 км. Так, Д. П. Касаткин [3], учитывая региональный характер положительной аномалии магнитного поля Прикаспийской впадины, считает, что она генерируется сильномагнитными ультраосновными и основными породами глубокозалегающего кристаллического фундамента, в строении которого участвуют также кристаллические сланцы и интрузии различного состава. По результатам комплексного анализа гравитационной Северо-Каспийской аномалии и положительной магнитной аномалии юга Прикаспийской впадины последняя связывается с вулканогенно-терригенным «доплитным» комплексом нижнего палеозоя, также залегающим глубже 7 км [4]. По мнению П. Н. Коврижных с соавт. [5], интенсивные магнитные аномалии положительного знака в Прикаспийской впадине могут быть связаны с магматогенными образованиями, продуктами вулканической деятельности



основного состава, участвующими в формировании высокоплотного, магнитоактивного цоколя фундамента, характерного для начальных стадий рифтообразования. Данные о магнитовозмущающих объектах карбона, перми и триаса, опубликованные А. Ю. Гужиковым и А. П. Прониным [1], позволяют предполагать, что в магнитную аномалию на юге Прикаспийской впадины вносит весомый вклад и верхнепалеозойский комплекс.

Исследование магнитных свойств верхнего палеозоя южной части Прикаспийской впадины было продолжено нами путем детального изучения разрезов скважины Каламкас-море 3 и ряда других скважин с целью выявления в них магнитовозмущающих объектов, связанных как с вулканическими породами, так и с продуктами их размыва.

### Результаты работ

Магнитные свойства вулканических пород в скважине Каламкас-море 3 были определены ранее по образцам, отобраным грунтоносами в нескольких точках [1]. В данной статье представлены результаты измерений удельной магнитной восприимчивости ( $K_m$ ) образцов шлама, взятых с шагом 5 м по разрезу (рис. 1).

Измерения проводились на каппабридже МФК-1В. Предварительно образцы взвешивались на электронных весах ВК-300.

Дифференцированное изучение мелкой (размер частиц  $< 0.5$  мм) и крупной ( $> 0.5$  мм) фракций шлама обнаружило существенную разницу в их магнитных свойствах. В одной и той же пробе шлама мелкая фракция практически всегда характеризуется существенно более высокими значениями магнитной восприимчивости, чем крупная (см. рис. 1). Отношение величин  $K_m$  в мелкой и крупной фракциях варьирует от 1.5 до 40, но в основном от 4 до 9. Главным носителем магнитных свойств в изученных породах, как было установлено предыдущими исследованиями [1], является магнетит или близкие к нему по составу титаномагнетиты. Мы считаем, что обогащение мелкой фракции магнитными минералами происходит из-за приуроченности последних главным образом к участкам цеолитизации андезитовых порфиритов, которые наименее устойчивы к механическому воздействию и соответственно более мелко истираются в процессе бурения. Интенсивная цеолитизация исследуемых пород подтверждается данными рентгеноструктурного анализа В. В. Кулагина (НВНИИГГ, Саратов), согласно которым содержание альцима в шламе с глубины 2685 м составляет 58%, с глубины 2790 м – 46%.

Удельная магнитная восприимчивость образцов, взятых грунтоносами, близка к значениям  $K_m$  мелкой фракции и всей пробы шлама в целом, но кардинально отличается от  $K_m$  крупной фракции. Таким образом, результаты измерений шлама или

его мелкой фракции адекватно отражают истинные магнитные свойства целой породы, которые определяются главным образом степенью цеолитизации андезитовых порфиритов.

Магнитный каротаж в скважине Каламкас-море 3 не проводился. По результатам исследований шлама с учетом материалов стандартного каротажа верхняя и нижняя границы магматического комплекса (в низах и верхах которого присутствуют слои известняков) определены на отметках глубин 2496 м и 2872 м соответственно (см. рис. 1). Таким образом, его мощность в изученном разрезе составляет 376 м.

В процессе денудации продукты физического разрушения андезитовых порфиритов могли формировать вблизи источников сноса сильномагнитные отложения. Интенсивный разрыв вулканических пород происходил в конце перми – начале триаса. Татарский отдел юга Прикаспийской впадины, представленный чередованием глин, песчаников и конгломератов, характеризуется значительным площадным распространением и толщиной до 650 м [6]. Нами изучена объемная магнитная восприимчивость ( $K_v$ ) отложений, слагающих нижнюю часть верхнепермского комплекса Южно-Эмбинского поднятия, по 24 образцам керна из четырех скважин: Пионерская 1 и 2, Сазтюбе 3 и 4 (рис. 2). Для корректного сравнения значений магнитной восприимчивости по керну и шламу, наряду с  $K_v$ , нами измерена и  $K_m$  (табл. 1). В основном образцы характеризуются невысокой магнитной восприимчивостью ( $K_v = 3 - 77 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ), однако несколько образцов из скважин Пионерская 2, Сазтюбе 3 и 4 характеризуются большими значениями  $K_v$  ( $204 - 975 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ).

При детальном литологическом описании керна в гравелитистом песчанике из скважины Пионерская 2 (интервал 4215–4222 м) и конгломерате из скважины Сазтюбе 3 (4033–4039 м) среди обломков известняков были выявлены примеси (до 1–10% от объема образцов) обломков андезитовых порфиритов красно-коричневого цвета, схожих с вулканитами из скважины Каламкас-море 3 [7]. В среднезернистом песчанике из скважины Пионерская 2 (4215–4222 м) и алевролитах из скважин Сазтюбе 3 (4068–4074 м), Сазтюбе 4 (4068–4074 м) установлено присутствие прослоев толщиной 1–5 мм, обогащенных зернами обломочного магнетита.

Таким образом, предположение об обусловленности повышенной магнитной восприимчивости верхнепермских отложений наличием в них продуктов разрушения сильномагнитных вулканических пород подтверждается результатами литологических исследований.

В юго-восточной части Прикаспийской впадины известны вулканогенные образования более древнего, раннекаменноугольного (визейского), возраста. Они представлены вулканогенным флишем, в составе которого преобладают кристаллокластические, реже кристаллолитокластические

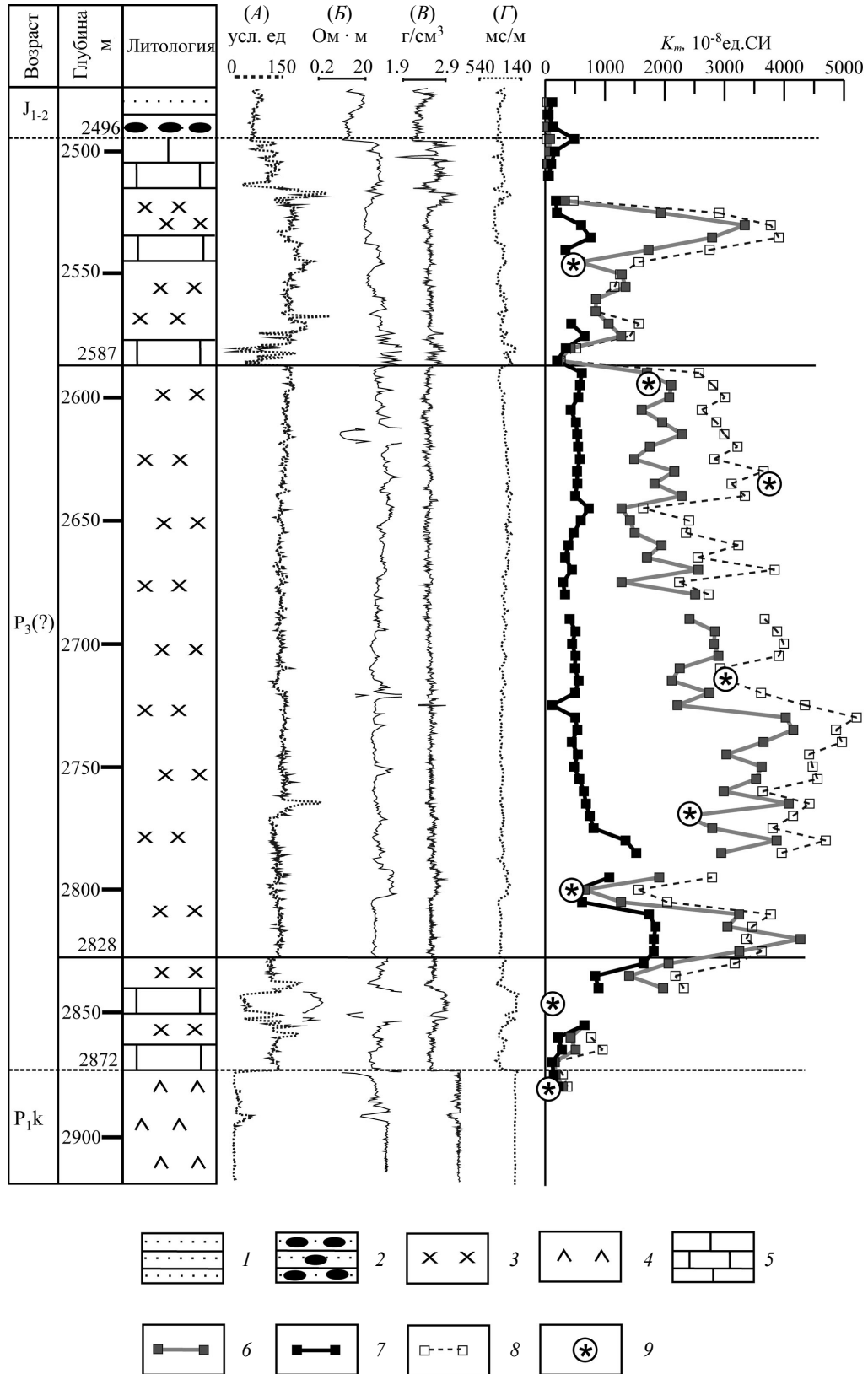


Рис. 1. Каротажные и петромагнитные данные по разрезу доюрских пород скважины Каламкас-море 3: породы: 1 – песчаники; 2 – конгломераты; 3 – андезитовые порфириды; 4 – ангидриты; 5 – известняки. Удельная магнитная восприимчивость: 6 – несепарированных проб шлама; 7 – крупной фракции шлама (> 0,5мм); 8 – мелкой фракции шлама (< 0,5мм); 9 – образцов, взятых боковыми грунтоносами. Каротаж: (А) – радиоактивный; (Б) – боковой; (В) – плотностной; (Г) – акустический

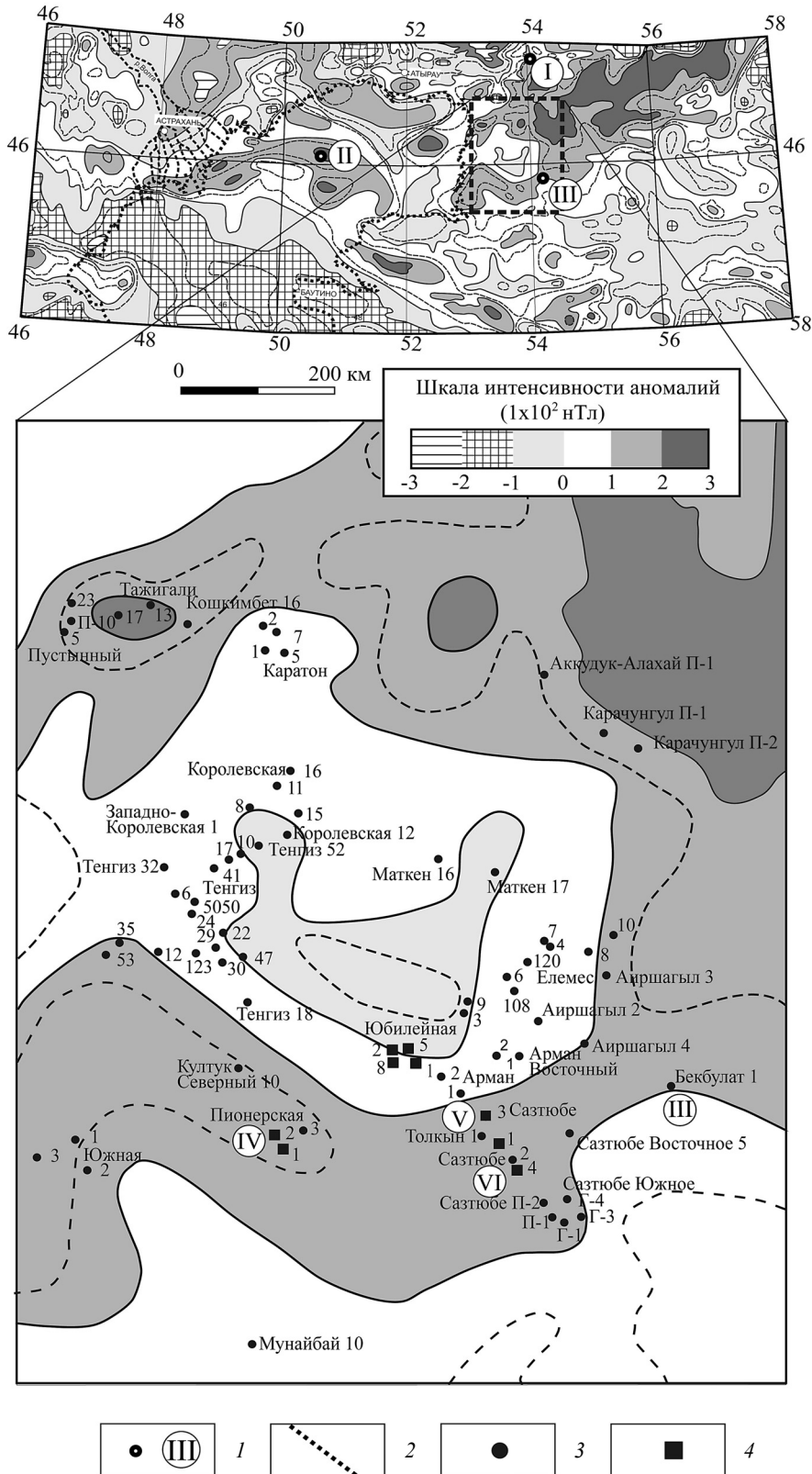


Рис. 2. Местоположение скважин на карте аномального магнитного поля юго-востока Прикаспийской впадины [1]: 1 – местоположения скважин, в разрезах карбона–триаса которых установлены сильномагнитные породы (I – Камысколь Южный 100, II – Каламкас-море 3, III – Бекбулат 1, IV – Пионерская 2, V – Сазтобе 3, VI – Сазтобе 4); 2 – контуры Каспийского моря; 3 – скважины, вскрывшие верхний палеозой; 4 – скважины, в которых изучена магнитная восприимчивость верхнепалеозойских образцов. Основные изолинии аномального магнитного поля проведены через 100 нТл, дополнительные – через 50 нТл



Таблица 1

**Магнитные свойства верхнепермских отложений юга Прикаспийской впадины**

Скважина	Глубина, м	$K_v, 10^{-5}$ ед. СИ	$K_m, 10^{-8}$ ед. СИ	Порода
Пионерская 1	4113–4120	8.03	3.12	Алевролит
Пионерская 1	4113–4120	8.49	3.38	Алевролит
Пионерская 1	4113–4120	4.35	1.71	Алевролит
Пионерская 1	4113–4120	3.41	1.37	Алевролит
Пионерская 1	4120–4127	6.75	2.69	Алевролит
Пионерская 1	4120–4127	4.76	1.92	Алевролит
Пионерская 1	4120–4127	3.80	1.52	Алевролит
Пионерская 2	4215–4222	407.88	160.36	Песчаник гравелитистый
Пионерская 2	4215–4222	811.40	327.47	Песчаник среднезернистый
Сазтубе 3	3992–3998	2.84	2.59	Конгломерат
Сазтубе 3	4033–4039	276.86	109.19	Конгломерат
Сазтубе 3	4068–4074	452.80	181.33	Алевролит
Сазтубе 4	3648–3651	975.36	368.77	Алевролит
Сазтубе 4	3651–3654	77.32	31.17	Песчаник среднезернистый
Сазтубе 4	3651–3654	69.57	27.61	Песчаник среднезернистый
Сазтубе 4	3725–3727	36.03	14.60	Песчаник мелкозернистый
Сазтубе 4	3752–3758	37.46	14.93	Песчаник среднезернистый
Сазтубе 4	3752–3758	204.88	79.79	Песчаник среднезернистый
Сазтубе 4	3782–3789	18.08	7.19	Песчаник мелкозернистый
Сазтубе 4	3782–3789	27.90	11.38	Песчаник мелкозернистый
Сазтубе 4	3803–3809	10.04	3.98	Песчаник среднезернистый
Сазтубе 4	3827–3836	17.64	6.97	Аргиллит
Сазтубе 4	3827–3836	15.29	5.94	Аргиллит
Сазтубе 4	3827–3836	21.19	8.80	Аргиллит

разности тефроидов, выдержанные по составу и внешнему облику, переслаивающиеся с пачками вулканомиктовых песчаников и конгломератов, алевролитов и аргиллитов. По сейсмическим данным, эти отложения имеют толщину более 1 км, а их вскрытая толщина в скважинах составляет 300–400 м [8]. Нами изучены магнитные свойства этих пород по 48 образцам из 7 скважин (Пионерская 1, Сазтубе 1 и 3, Юбилейная 1, 2, 5 и 8) (см. рис. 2), взятых в различных интервалах разреза нижнего карбона. Оказалось, что всем образцам свойственна невысокая магнит-

ная восприимчивость ( $K_v = 10 - 80 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ, в основном  $K_v = 20 - 40 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ) (табл. 2), которая не позволяет пока рассматривать нижний карбон как аномалиеобразующий объект при интерпретации материалов аэромагнитных съемок. Однако петромагнитное изучение нижекаменноугольных отложений должно быть продолжено, потому что вулканогенные толщи характеризуются большим разбросом значений магнитной восприимчивости, и наличие сильномагнитных объектов в нижнем карбоне юга Прикаспия нельзя исключить.

Таблица 2

**Магнитные свойства нижекаменноугольных отложений юга Прикаспийской впадины**

Скважина	Глубина, м	$K_v, 10^{-5}$ ед. СИ	$K_m, 10^{-8}$ ед. СИ	Порода
Пионерская 1	4630–4637	21.94	9.96	Туфоалевролит
Пионерская 1	4791–4798	35.06	15.01	Чередование туфа кристаллокластического и туфоалевролита
Пионерская 1	4920–4925	31.90	13.54	Туфопесчаник среднезернистый
Пионерская 1	4920–4925	53.62	21.85	Туф кристаллолитокластический
Сазтубе 1	4266–4272	21.79	9.31	Песчаник мелкозернистый
Сазтубе 1	4325–4331	25.30	10.73	Песчаник мелкозернистый
Сазтубе 1	4325–4331	23.53	9.93	Песчаник мелкозернистый



Окончание табл. 2

Скважина	Глубина, м	$K_v, 10^{-5}$ ед. СИ	$K_m, 10^{-8}$ ед. СИ	Порода
Сазтубе 1	4659–4660	18.91	7.35	Чередование туфопесчаника мелкозернистого и туфоалевролита
Сазтубе 1	4715–4722	23.72	10.78	Туфоалевролит
Сазтубе 1	4715–4722	18.83	7.68	Туфопесчаник среднезернистый
Сазтубе 1	4715–4722	9.94	4.17	Песчаник мелкозернистый
Сазтубе 1	4891–4898	21.72	8.54	Туфопесчаник мелкозернистый
Сазтубе 1	4891–4898	21.01	8.22	Туфопесчаник мелкозернистый
Сазтубе 1	4946–4952	20.17	7.68	Туфопесчаник мелкозернистый
Сазтубе 1	4946–4952	28.19	11.50	Туфоалевролит
Сазтубе 3	4402–4408	11.60	5.05	Туф витрокристаллокластический
Сазтубе 3	4625–4631	49.45	21.96	Туф кристаллолитокластический
Сазтубе 3	4901–4907	49.18	20.99	Туф кристаллокластический
Юбилейная 1	4547–4554	19.86	8.08	Туфоалевролит
Юбилейная 1	4589–4595	24.54	10.61	Туфопесчаник среднезернистый
Юбилейная 1	4589–4595	20.02	8.38	Туфоалевролит
Юбилейная 1	4632–4639	18.48	8.14	Туфопесчаник среднезернистый
Юбилейная 1	4632–4639	19.73	8.65	Туф кристаллокластический
Юбилейная 1	4817–4824	34.83	15.41	Туф кристаллокластический
Юбилейная 1	4817–4824	35.87	15.87	Чередование туфа кристаллокластического и туфоалевролита
Юбилейная 1	4855–4862	30.51	12.67	Туф витрокристаллокластический
Юбилейная 2	4532–4538	45.54	20.05	Туфоалевролит
Юбилейная 2	4532–4538	37.31	16.79	Туфоаргиллит
Юбилейная 2	4971–4979	55.13	21.60	Туф кристаллокластический
Юбилейная 2	4971–4979	37.41	15.81	Туфоаргиллит
Юбилейная 5	4775–4781	26.07	11.74	Туфоалевролит
Юбилейная 5	4775–4781	37.04	17.45	Туфоалевролит
Юбилейная 5	4803–4810	47.96	19.19	Чередование туфа кристаллокластического и туфоалевролита
Юбилейная 5	4803–4810	58.95	25.97	Туф кристаллокластический
Юбилейная 5	4861–4868	32.31	13.51	Туфоалевролит
Юбилейная 5	4861–4868	77.72	30.44	Туф кристаллолитокластический
Юбилейная 5	4861–4868	41.79	16.83	Туф кристаллолитокластический
Юбилейная 5	4861–4868	9.65	4.04	Туфоалевролит
Юбилейная 5	4861–4868	44.54	18.22	Туфоалевролит
Юбилейная 5	4861–4868	35.98	14.39	Чередование туфа кристаллокластического и туфоалевролита
Юбилейная 5	4861–4868	31.40	14.72	Туф кристаллолитокластический
Юбилейная 5	4920–4927	16.63	6.83	Туфоалевролит
Юбилейная 5	4920–4927	23.23	9.26	Туфопесчаник среднезернистый
Юбилейная 5	4993–5000	27.01	10.39	Туф кристаллокластический
Юбилейная 5	4993–5000	18.45	7.15	Туфопесчаник среднезернистый
Юбилейная 8	4468–4475	18.33	7.72	Туфоалевролит
Юбилейная 8	4892–4899	41.43	17.82	Туф кристаллолитокластический
Юбилейная 8	4892–4899	37.58	16.75	Туф кристаллокластический



## Выводы

Установлено наличие сильномагнитных отложений в нижней части татарского отдела на западном склоне Южно-Эмбинского поднятия (скважины Пионерская 2, Сазтюбе 3 и 4), сформировавшихся за счет размыва позднепермских вулканитов. Таким образом, в верхнем палеозое юга Прикаспия обнаружен еще один возможный источник формирования региональной магнитной аномалии, кроме позднепермских андезитовых порфириров в районе Северо-Каспийского поднятия (скважина Каламкас-море 3) и среднекаменноугольных туфов в районе Южно-Эмбинского поднятия (скважина Бекбулат 1), выявленных ранее [1] (см. рис. 2). Новые данные указывают на высокую вероятность регионального распространения сильномагнитных пород в карбоне–перми юга Прикаспийской впадины.

Результаты выполненных работ подтверждают гипотезу о сложном генезисе магнитной аномалии на юге Прикаспийской впадины, являющейся суперпозицией магнитных эффектов от объектов разного возраста, в том числе и позднепалеозойского–триасового [1].

Для кардинального прогресса в решении проблемы интерпретации аэромагнитных данных на территории юга Прикаспия, кроме изучения керна скважин, пробуренных ранее (к сожалению, большей частью не сохранившегося), необходимо планомерное изучение керна и шлама скважин, которые бурятся в настоящее время.

## Библиографический список

1. Гужиков А. Ю., Пронин А. П. О возможных источниках магнитных аномалий юга Прикаспийской впадины // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 3. С. 37–46.
2. Пилифосов В. М., Воцалевский Э. С., Азербайев Н. А., Пронин А. П. Проблема палеозойского вулканизма юга Прикаспийской впадины // Геология Казахстана. 1997. № 1. С. 4–11.
3. Касаткин Д. П. Геологические результаты аэромагнитной съемки юго-восточной части Русской платформы и ее складчатого обрамления // Советская геология. 1966. № 10. С. 69–78.
4. Астраханский карбонатный массив : строение и нефтегазоносность / под ред. Ю. А. Воложа, В. С. Парасына. М. : Научный мир, 2008. 221 с.
5. Коврижных П. Н., Шагиров Б. Б., Исказиев К. О., Каримов С. Г. Инновационные методы сбора, обработки и интерпретации геофизических данных при изучении нефтегазоносности Прикаспийской впадины и прилегающих территорий // Нефтегазовые бассейны Казахстана и перспективы их освоения. Алматы : КОНГ, 2015. С. 299–312.
6. Липатова В. В., Волож Ю. А., Букина Т. Ф., Яночкина З. А. Особенности строения верхнепермских отложений юга и юго-востока Прикаспийской впадины // Недра Поволжья и Прикаспия. 2000. Вып. 22. С. 10–22.
7. Рихтер Я. А., Пронин А. П. Раннекаменноугольный вулканизм на юго-востоке Прикаспийской впадины // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 4. С. 55–66.
8. Айзеницадт Г. Е.-А., Слепакова Г. И. Структура подсольных палеозойских отложений юго-востока Прикаспийской впадины. Л. : Недра, 1978. 80 с. (Тр. ВНИГРИ. Вып. 377).

### Образец для цитирования:

Пронин А. П., Гужиков А. Ю., Суринский А. М. Новые данные о магнитных свойствах верхнепалеозойских отложений южной части Прикаспийской впадины // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 259–265. DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-4-259-265.

### Cite this article as:

Prinin A. P., Guzhikov A. Yu., Surinskiy A. M. New Data on Magnetic Properties of Upper Paleozoic Deposits in the South of Precaspian Depression. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2017, vol. 17, iss. 4, pp. 259–265 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-4-259-265.