



в 2006 г. до 1595 мг/дм<sup>3</sup> в 2010 г. Концентрация брома снизилась незначительно – с 11,8–14,2 до 9,3–12,8 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация нефтепродуктов осталась стабильной – от 0,05 до 0,06–0,36 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, результаты анализа выполненных мониторинговых наблюдений за режимом грунтовых вод на территории позволяют сделать следующие выводы:

1. На территории месторождения в грунтовых водах сформирована гидрогеохимическая аномалия, выраженная, в первую очередь, хлоркальциевым типом химического состава, не характерным для зоны активного водообмена.

2. Гидрогеохимическая аномалия в грунтовых водах сформирована под влиянием длительной эксплуатации нефтепромысловых объектов в пределах развития слабодонного среднеаптского и водоупорного локально-водоносного ниже-среднеапского горизонтов, характеризующихся низкими фильтрационными свойствами и содержащих пресные и солоноватые воды.

3. Движение грунтовых вод осуществляется в верхней части водораздела по слабодонному среднеаптскому горизонту, ниже по склону грунтовые воды двигаются в зоне экзогенной трещиноватости глин и алевролитов водоупорного локально-водоносного ниже-среднеапского горизонта. Особенности литологического состава водовмещающих пород контролируют изменения химического состава и минерализации грунтовых вод.

4. Локальные источники питания грунтовых вод формируют дополнительные гидрогеохимические аномалии, отражающие особенности источников питания (полив, потеря промышленно-сточных вод).

5. Перевод систем нефте- и водоподготовки на замкнутый цикл с использованием герметичных трубопроводов и резервуаров и ликвидация ранее существующих прудов-накопителей остановили рост гидрогеохимических аномалий [3]. Однако их полное исчезновение требует значительного времени, необходимого для разбавления высокоминерализованных грунтовых вод. Результаты наблюдений по скв. 20 позволяют утверждать, что данный участок находится на периферии ранее созданной гидрогеохимической аномалии. Наличие тенденции к снижению концентраций хлоридов и брома позволяет говорить о постепенной деградации аномалии.

#### Библиографический список

1. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод / В. М. Гольдберг [и др.]. М., 1988. 76 с.
2. Мониторинг месторождений и участков водозаборов питьевых подземных вод : метод. реком. М., 1998.
3. Солдаткин С. И., Журавский О. Н. Особенности изменений режима грунтовых вод при снятии техногенной нагрузки // Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего : проекты, технологии, оборудование : материалы междунар. науч. конф. : в 2 т. Пермь, 2011. Т. 2. С. 210–214.

УДК 553.632

## ОТРАЖЕНИЕ В ПЕТРОМАГНЕТИЗМЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕРАСТВОРИМОГО ОСТАТКА ПО РАЗРЕЗУ ПОГОЖСКОЙ ЗАЛЕЖИ ПЕРЕЛЮБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ

В. В. Яночкин, Г. А. Московский, М. В. Решетников, В. Н. Ерёмин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: vlad18\_90@mail.ru

Представлены первые данные о характере распределения нерастворимого остатка в калиеносных породах погожской ритмопачки иренского горизонта Перелюбского месторождения, полученные нами в 2015 году с применением принципиально новой методики изучения особенностей состава калийных солей и основных черт ритмичности по петромагнитной характеристике исследуемых образцов. Предложено использовать разработанные приёмы для выявления ритмичности, а также отдельных аномалий в калиеносных интервалах с целью применения их в качестве дополнительного корреляционного признака при сопоставлении разрезов продуктивного пласта различных участков месторождения.

**Ключевые слова:** калийные соли, сильвинит, петромагнетизм, магнитная восприимчивость, нерастворимый остаток.



#### Reflection in Petromagnetism of the Distribution of the Insoluble Residue in the Sequence Pogozhskoy Deposits Perelyubsky Deposit of Potassium-magnesium Salts

V. V. Yanochkin, G. A. Moskovski, M. V. Reshetnikov, V. N. Eremin

The first data on nature of distribution of the insoluble rest in potash breeds pogozhsky deposits of the irensky horizon of the Perelyubsky field, the studying of features of composition of potash salts and the main lines of rhythm received by us in 2015 with application of essentially new technique according to the petromagnitny characteristic of the studied samples are submitted. It is offered to use the developed



receptions for detection of rhythm, and also separate anomalies in the kaliyenosnykh intervals for the purpose of their application as an additional correlation sign by comparison of cuts of productive layer of various sites of a field.

**Key words:** potash, sylvinitite, petromagnetism, magnetic susceptibility, insoluble residue.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-1-48-53

Перелюбское месторождение калийно-магниевого солей находится на территории Перелюбского района Саратовской области. В современном тектоническом плане месторождение расположено в юго-западной части Бузулукской впадины, частично приурочено к Камелик-Чаганской системе дислокаций. Калиеносные интервалы месторождения связывают с антиповской и погожской ритмопачками иренского горизонта нижнепермских отложений. Продуктивная калиеносная толща месторождения характеризуется наличием интервалов с высоким содержанием водонерастворимых примесей (особенно глинистого материала), а также значительным количеством рассеянных скоплений ангидрита, которые по всем структурно-текстурным признакам можно считать продуктами местного перемещения (переотложения) материала. Это вызывает необходимость определения процентного содержания нерастворимой примеси, как для оценки качества калийных солей, так и для установления закономерностей его распределения в породах продуктивных интервалов.

Для решения данной задачи мы воспользовались принципиально новым приёмом, заключающимся в определении петромагнитных характеристик калийных и калийно-магниевого солей. Ранее данная методика была использована нами при изучении особенностей состава калийных солей и основных черт ритмичности на Гремячинском месторождении [1]. Возможность такого подхода определялась принятой нами моделью формирования рассеянной примеси и неслоистых скоплений ангидрита в сильвинитах, в основном как терригенного материала, сопровождаемого пелитоморфными компонентами (в том числе гумусовой составляющей, которые содержат в себе некоторое количество тонкодисперсных ферромагнитных и парамагнитных минералов. Модель основана на наличии значимой зависимости магнитных характеристик породы от объёма заключенного в ней терригенного материала.

Методика исследований заключалась в определении магнитной восприимчивости каждого образца керна с помощью измерений, проводимых на плоской поверхности распила специализированным прибором. Далее из каждого образца керна путём откалывания и дальнейшего очищения от следов бурового раствора изготавливалось по одному препарату весом не менее 10 г и не более 120 г для дальнейшего растворения. Затем каждый образец взвешивали на лабораторных весах и

подвергали растворению. Полученные нерастворимые остатки также взвешивали.

Нами были исследованы 57 образцов керна скважин 101, 103, 108, 207, 208, 211. Измерение магнитной восприимчивости ( $K$ ) всех образцов проводилось портативным аппаратом КТ-10.

Несмотря на слабую магнитность преобладающей части изученных образцов солей (от 2 до  $10 \times 10^{-6}$  ед. СИ), значения магнитной восприимчивости обнаруживают достоверные вариации по разрезу и могут быть использованы для дополнительного расчленения калиеносного пласта и распределения скоплений терригенного материала.

Минимальные значения  $K$  (до  $2 \times 10^{-6}$  ед. СИ) связаны с наиболее чистыми разностями сильвинита и карналлита, т. е. с породами, образовавшимися при химической седиментации из перенасыщенных растворов в солеродном бассейне без привноса терригенного материала или с минимальным количеством последнего. Повышенные величины  $K$  (до  $10 \times 10^{-6}$  ед. СИ и более), напротив, отражают наличие терригенных примесей, поскольку соли являются природными диамагнетиками, а терригенные частицы – парамагнетиками [2]. Аномально высокие значения  $K$  (до  $300 \times 10^{-6}$  ед. СИ) характеризуют интервалы с повышенной концентрацией ферромагнитных минералов в составе нерастворимого остатка. Справедливость этого утверждения подтверждается результатами работ по выделению нерастворимого остатка, а также результатами изучения шлифов исследуемых образцов. Образцы с минимальным значением магнитной восприимчивости практически не содержат нерастворимого остатка (НО), в то время как образцы с повышенной  $K$ , напротив, характеризуются максимальным количеством терригенных примесей и сульфатов (таблица).

Анализ изменения значений магнитной восприимчивости и содержания нерастворимого остатка по разрезу обнаруживает следующие закономерности.

Общей тенденцией в изменениях величин магнитной восприимчивости по разрезу является периодическая смена аномально высоких (для солей) значений магнитной восприимчивости (от 4 до  $300 \times 10^{-6}$  ед. СИ) низкими, типичными для них (от 2 до  $3 \times 10^{-6}$  ед. СИ).

Сравнение графиков магнитной восприимчивости с графиками нерастворимого остатка позволяет обнаружить, что «аномальные пики» магнитной восприимчивости, как правило, приурочены к интервалам, в которых установлены высокие содержания терригенных компонентов, а минимумы петромагнитного параметра связаны с относительно чистыми разностями сильвинитов и карналлитов (рис. 1).

Величины магнитной восприимчивости тесно зависят от концентраций нерастворимого остатка: коэффициент линейной корреляции

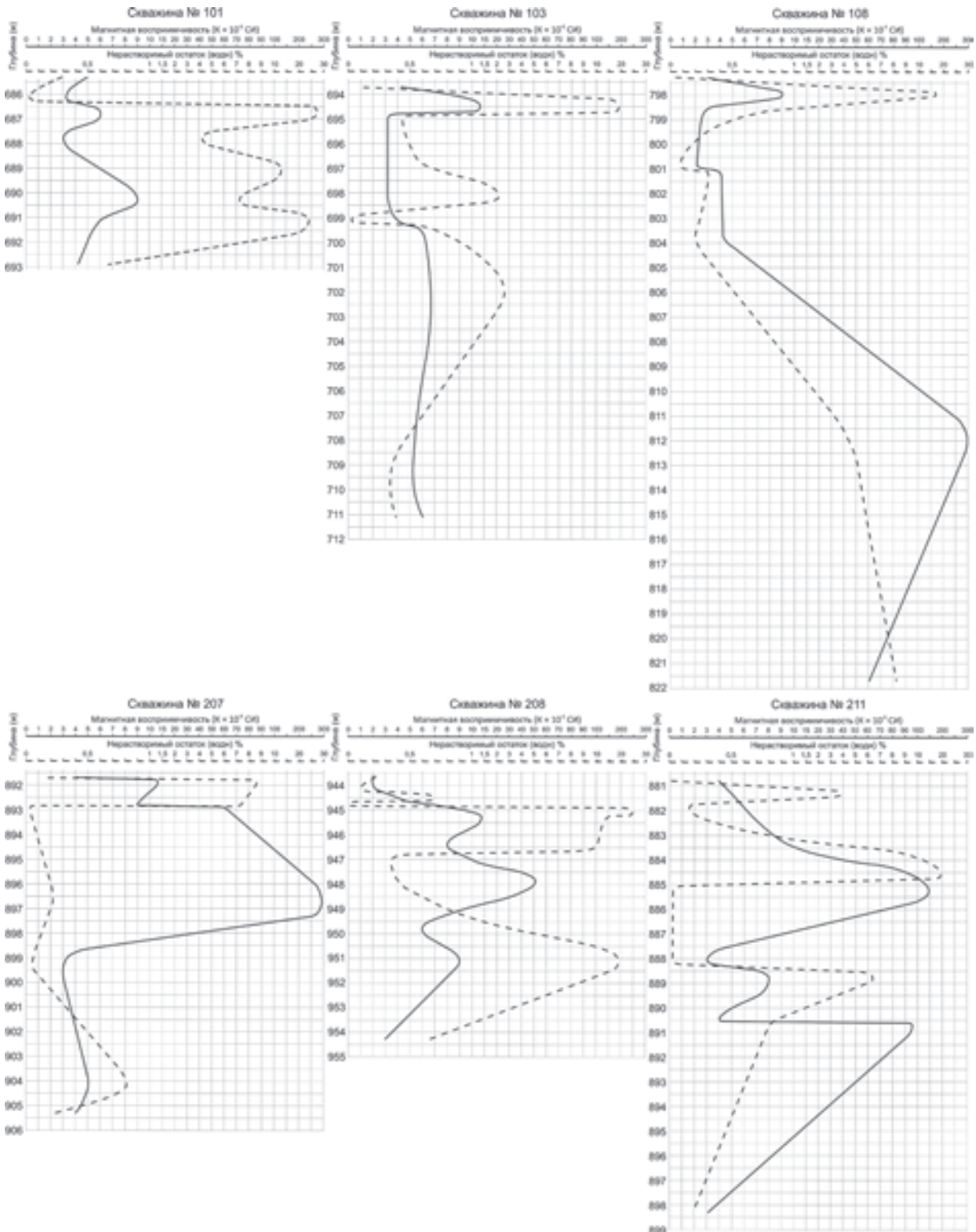


Рис. 1. Распределение величин магнитной восприимчивости и концентраций нерастворимого остатка по разрезу погжской залежи Перелюбского месторождения калийно-магниевых солей



**Результаты проведенных исследований**

Номер скв.	Номер обр.	Глубина, м	Магнитная восприимчивость, $K \times 10^{-6}$ ед. СИ	Вес образца, г	Вес сухого НО, г	Массовая доля НО, %
101	101/3	685,32	5,0	72,45	0,22	0,30
101	101/1	686,16	3,3	62,14	0,01	0,02
101	101/2	686,72	6,0	91,06	25,21	27,69
101	101/4	687,79	3,0	79,43	3,30	4,15
101	101/5	689,12	6,3	56,69	7,46	13,16
101	101/6	690,3	9,0	70,38	5,11	7,26
101	101/7	691,09	6,0	52,52	12,61	24,01
101	101/8	692,91	4,3	85,05	0,57	0,67
103	103/3	693,72	4,3	74,55	0,09	0,12
103	103/4	694,51	13,0	48,80	9,66	19,80
103	103/5	694,95	3,3	56,39	0,25	0,44
103	103/6	698,08	3,3	62,89	1,42	2,26
103	103/7	699,17	4,0	43,26	0,01	0,02
103	103/8	699,34	5,0	34,96	0,18	0,51
103	103/9	701,97	6,6	24,38	0,63	2,58
103	103/2	709,52	5,3	46,94	0,16	0,34
103	103/10	711,12	6,0	79,72	0,31	0,39
108	108/2	797,37	3,0	55,05	0,02	0,04
108	108/3	797,70	7,0	58,22	2,51	4,31
108	108/4	797,92	9,0	67,33	11,70	17,38
108	108/5	798,58	3,0	98,80	1,18	1,19
108	108/6	800,90	2,3	35,06	0,03	0,09
108	108/7	801,06	4,0	36,70	0,11	0,30
108	108/8	803,68	4,3	64,06	0,13	0,20
108	108/9	811,85	316,0	60,05	2,58	4,30
108	108/10	821,65	60,0	48,87	3,99	8,16
207	207/1	891,72	4,0	44,35	0,08	0,18
207	207/2	891,90	13,0	112,98	9,65	8,54
207	207/3	892,81	9,0	64,21	4,71	7,34
207	207/4	892,88	59,3	21,22	0,002	0,01
207	207/5	896,80	296,3	42,45	0,09	0,21
207	207/6	899,33	3,0	51,75	0,02	0,04
207	207/7	904,20	5,0	51,94	0,42	0,81
207	207/8	905,35	4,0	48,49	0,11	0,23
208	208/5	943,58	2,0	50,57	0,111	0,22
208	208/6	944,08	2,0	53,30	0,057	0,11
208	208/7	944,52	4,0	60,77	0,420	0,69
208	208/8	944,83	7,0	21,50	0,001	0,00
208	208/9	945,12	10,3	51,54	13,026	25,27
208	208/10	945,32	14,3	61,53	9,166	14,90
208	208/11	946,40	8,0	40,72	4,450	10,93
208	208/12	947,13	12,3	55,35	0,193	0,35
208	208/13	947,93	51,6	46,27	0,191	0,41
208	208/14	949,84	6,0	49,90	1,602	3,21



Окончание таблицы

Номер скв.	Номер обр.	Глубина, м	Магнитная восприимчивость, $K \times 10^{-6}$ ед. СИ	Вес образца, г	Вес сухого НО, г	Массовая доля НО, %
208	208/15	951,09	9,0	35,63	6,918	19,42
208	208/16	954,29	3,0	57,40	0,367	0,64
211	211/2	880,79	4,0	30,950	0,001	0,00
211	211/3	881,30	5,0	30,280	1,158	3,82
211	211/4	881,94	6,0	42,940	0,068	0,16
211	211/5	883,49	12,0	42,420	2,273	5,36
211	211/6	884,62	94,3	35,590	6,820	19,16
211	211/7	885,35	145,3	17,660	0,002	0,01
211	211/8	888,07	3,0	39,480	0,008	0,02
211	211/9	888,75	8,0	10,944	0,695	6,35
211	211/11	890,48	4,0	42,470	0,373	0,88
211	211/10	890,65	95,3	44,130	0,354	0,80
211	211/1	898,33	3,0	39,320	0,073	0,19

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) равном 57. Наличие подобной взаимосвязи предопределяет возможность определения содержания нерастворимого остатка (НО) по значениям петромагнитных характеристик, не прибегая к длительной и трудоемкой процедуре выделения нерастворимого остатка.

**Основные литолого-магнитные интервалы, выявленные в интервале погожской залежи на примере скв. 101.** Вариации магнитной восприимчивости и содержания нерастворимого остатка по разрезу погожской залежи носят ритмичный характер, что позволяет выделить 7 литолого-магнитных интервалов (ЛМИ) (см. рис. 1):

– ЛМИ-1 (глубина 692,91–691,09 м) характеризуется возрастанием магнитной восприимчивости (от 4,3 до  $6 \times 10^{-6}$  ед. СИ), а также увеличением содержания нерастворимого остатка (с 0,67 до 24,01%). Анализ шлифов обнаруживает увеличение пелит-ангидритовой примеси. В кровле интервала залегает мелкозернистая обломочная порода, представленная окатанными обломками карналлита и галита, сцементированных пелит-ангидритовым материалом (рис. 2, а, б);

– ЛМИ-2 (глубина 691,09 – 690,3 м) характеризуется возрастанием магнитной восприимчивости (от 6 до  $9 \times 10^{-6}$  ед. СИ) при уменьшении содержания нерастворимого остатка (с 24,01 до 7,26%). Анализ шлифов обнаруживает уменьшение содержания пелит-ангидритового материала (встречается линзами и сгустками), а также появление значительного количества гидроокислов железа, выполняющих каёмки вокруг кристаллов, наблюдаемых по всей породе (рис. 2, в);

– ЛМИ-3 (глубина 690,3–689,12 м) характеризуется падением магнитной восприимчивости (от 9 до  $6,3 \times 10^{-6}$  ед. СИ) при увеличении содер-

жания нерастворимого остатка (с 7,26 до 13,16%). Анализ шлифов обнаруживает увеличение содержания пелит-ангидритового материала (линзовидное распределение в породе) при уменьшении содержания гидроокислов железа (встречаются сгустками) (рис. 2, з);

– ЛМИ-4 (глубина 689,12–687,79 м) характеризуется падением магнитной восприимчивости (от 6,3 до  $3 \times 10^{-6}$  ед. СИ), а также уменьшением содержания нерастворимого остатка (с 13,16 до 4,15%). Анализ шлифов обнаруживает уменьшение содержания пелит-ангидритового материала при практически полном исчезновении гидроокислов железа (рис. 2, д);

– ЛМИ-5 (глубина 687,79–686,72 м) характеризуется возрастанием магнитной восприимчивости (от 3 до  $6 \times 10^{-6}$  ед. СИ), а также увеличением содержания нерастворимого остатка (с 4,15 до 27,69%). Анализ шлифов обнаруживает значительное увеличение содержания пелит-ангидритового материала (вероятно, за счёт переотложения осадка вблизи береговой полосы или при размыве островных участков). В кровле интервала залегает обломочная порода, представленная обломками галита с сильно корродированными кристаллами сильвина, сцементированными пелит-ангидритовым материалом (рис. 2, е);

– ЛМИ-6 (глубина 686,72–686,16 м) характеризуется падением магнитной восприимчивости (от 6 до  $3,3 \times 10^{-6}$  ед. СИ), а также резким уменьшением содержания нерастворимого остатка (с 24,69 до 0,02%). Анализ шлифов обнаруживает резкое уменьшение содержания пелит-ангидритового материала. В кровле интервала залегает сильвинит с минимальным количеством примесей, представленных сгустками ангидрита с незначительным количеством пелита (рис. 2, ж);

– ЛМИ-7 (глубина 686,16–685,32 м) характеризуется возрастанием магнитной воспри-

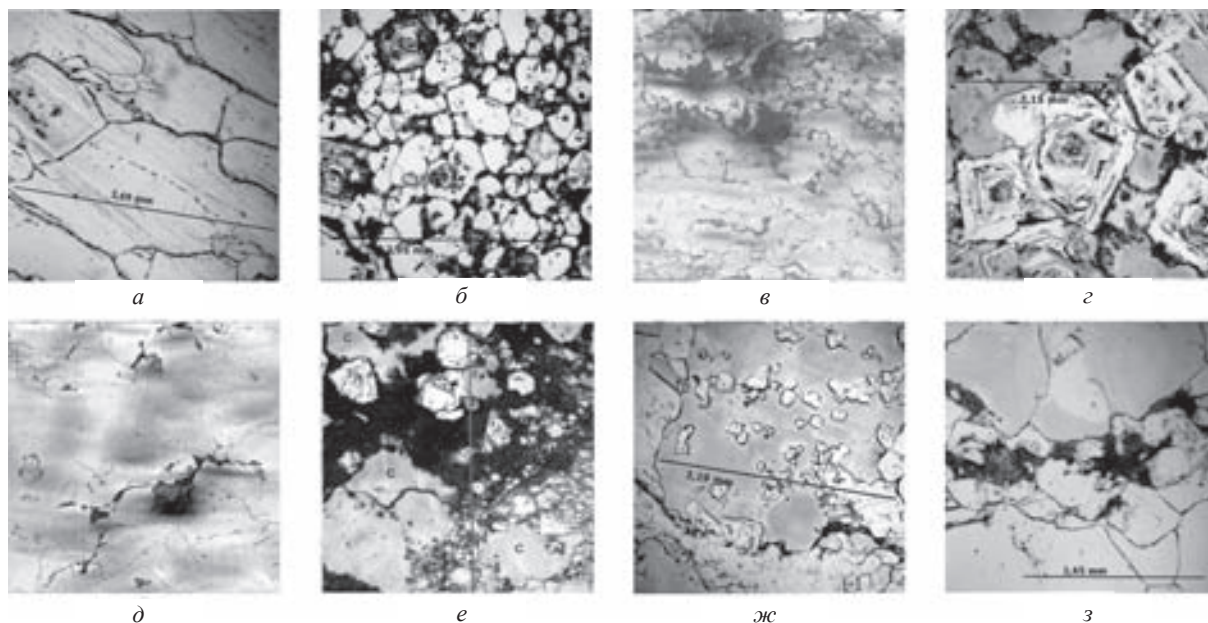


Рис. 2. Распределение терригенной примеси в исследуемых образцах скв. 101: а (обр. 101/8, шлиф, глубина 692,91 м); б (обр. 101/7, шлиф, глубина 691,09 м); в (обр. 101/6, сканированный шлиф, глубина 690,3 м); г (обр. 101/5, шлиф, глубина 689,12 м); д (обр. 101/4, сканированный шлиф, глубина 687,79 м); е (обр. 101/2, шлиф, глубина 686,72 м); ж (обр. 101/1, шлиф, глубина 686,16 м); з (обр. 101/3, шлиф, глубина 685,32 м)

имчивости (от 3,3 до  $5 \times 10^{-6}$  ед. СИ), а также увеличением содержания нерастворимого остатка (с 0,02 до 0,3%). Анализ шлифов обнаруживает увеличение содержания пелит-ангидритового материала (сгустки и прослой ангидрита, мелкие линзы пелита) (рис. 2, з).

Анализ всех результатов, приведенных выше, позволяет сделать следующие выводы.

1. Между величинами магнитной восприимчивости и количеством нерастворимого остатка, как правило, отмечается достаточно устойчивая корреляционная связь.

2. Величина магнитной восприимчивости находится в тесной зависимости от петромагнитных свойств нерастворимого остатка, а следовательно, и от его минерального состава, что в некоторых случаях приводит к нарушению корреляционной связи между магнитной восприимчивостью и содержанием нерастворимого остатка при значительном изменении в исследуемом разрезе соот-

ношения ферро- и парамагнитных компонентов в составе нерастворимого остатка.

3. Ритмичность, выраженная описанными аномалиями, может служить дополнительным корреляционным признаком при сопоставлении разрезов продуктивного пласта различных участков месторождения.

#### Библиографический список

1. Московский Г. А., Гужиков А. Ю., Решетников М. В., Сорокин А. С., Свидзинский С. А. Отражение в петромагнетизме закономерностей распределения нерастворимого остатка по разрезу сильвинитового пласта Гремячинского месторождения // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 1. С. 54–60.
2. Дортман Н. Б. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Петрофизика : справочник геофизика. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Недра, 1984. 455 с.