

УДК 551

## ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАВБАХОР (УЗБЕКИСТАН)

© 2003 г. А. У. Мирзаев, Х. Чиникулов

*Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева АН Республики Узбекистан  
700041 Ташкент, ул. Н. Ходжибаева, 49*

Поступила в редакцию 18.06.2001 г.

В разрезе палеогена юго-западных предгорий хребта Южного Нуратау открыто новое месторождение качественных бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин. Бентонитовые глины имеют существенно монтмориллонитовый минеральный состав. В качестве второстепенных и примесей отмечаются иллит, пальгорскит, кварц, гидрооксиды железа и др. По физико-химическим свойствам среди бентонитовых глин выделяются щелочные и щелочно-земельные разновидности. Карбонатно-пальгорскитовые глины имеют кальцит-монтмориллонит-пальгорскитовый минеральный состав. Бентонитовые и карбонатно-пальгорскитовые глины образовались в щелочной среде морского бассейна. Основной породообразующий минерал – монтмориллонит – образовался путем трансформации близких по структуре глинистых минералов, а кальцит и пальгорскит являются аутигенными. Установлена пригодность бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин Навбахорского месторождения для приготовления буровых растворов, в качестве адсорбента для осветления хлопкового масла и очистки винно-водочных продуктов, в качестве мазевых основ и основного компонента лекарственных препаратов и т.д.

Месторождение бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин Навбахор было открыто авторами данной статьи в 1998 г. Оно находится на юго-западных предгорьях хребта Южного Нуратау Тяньшаньской горной системы. Месторождение имеет выгодное географо-экономическое положение, находится в 35 км от железнодорожной станции г. Навои и вблизи него проходит шоссейная автодорога Навои–Нурата.

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В геологическом строении месторождения принимают участие слабодислоцированные покровные отложения мезокайнозоя, залегающие с резким угловым несогласием на метаморфизованных и сильно дислоцированных отложениях фундамента.

Покровный комплекс состоит из четырех структурных ярусов: верхнемел-эоценового, олигоцен-среднемиоценового, верхнемиоцен-древнечетвертичного и голоценового. Между структурными ярусами отмечаются размыв и небольшое несогласие.

В районе месторождения покровный комплекс осложнен мелкими структурами и разломами, образование которых связано с альпийским этапом складчатости. Представлены они брахиантиклинальными поднятиями более простого строения и разделяющими их синклинальными прогибами.

Разрывные нарушения имеют в основном сбросовый или взбросовый характер.

Складчатые и разрывные структуры покровного комплекса, как и фундамент, имеют в основном субширотное, северо-западное простирание. Первые расположены кулисообразно друг к другу.

Продуктивные горизонты бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин месторождения Навбахор приурочены к породам нижнего эоцена, которые в составе верхнемел-эоценового структурного яруса слагают северное крыло одной из синклинальных складок. Данная структура имеет асимметричное строение с пологим (5–7°) северным и крутым (20–25°) южным крыльями. Восточная часть ее осложнена разломом субмеридионального простирания. Разлом имеет сбросовый характер, и по нему восточный блок опущен и перекрыт более мощным покровом делювиально-пролювиального комплекса четвертичных отложений.

Разрез верхнемел-эоценового структурного яруса на месторождении Навбахор сложен рудистовыми известняками и кварцевыми песчаниками маастрихтского яруса, песчаными доломитами и доломитами бухарской ( $P_1^2$  bh) и кварцевыми песками казахтауской ( $P_1^{2-3}$  kz) свит (танетский ярус) палеоэоцена, бентонитовыми глинами нуринской ( $P_1^2$  nr) и карбонатно-пальгорскитовыми глинами сугралинской ( $P_2^{1-2}$  sg) свит (ипрский

ярус), бентонитоподобными глинами культабанской ( $P_2^{2-3}$  klt) свиты (лютет-бартонский ярусы) эоцена.

Известняки маастрихтского яруса светло-серые, содержат обильные остатки раковин рудистов, среди которых И.М. Абдуазимовой определены: *praeradiolites ex gr. Boucheroni bayle in Toucas*, *Orbignya vlasovi Bobkova Gyropleura sp.*, *Apricardia sp.*, *Biradiolites sp.*, являющиеся типовой формой для маастрихтского яруса Средней Азии. Кварцевые песчаники палеонтологически немые, имеют резкий контакт с рудистовыми известняками. Мощность маастрихтского яруса 4–6 м.

Отложения бухарской свиты залегают с размывом на маастрихтских, и разрез ее имеет двухчленное строение. Нижняя часть сложена песчаными доломитами, а верхняя – чистыми белыми доломитами мучнистого строения. В последних содержатся раковины моллюсков: *Corbula (Coneocorbula) angulata Lam.*, *C. (C.) biangulata Sesh.* По заключению А.А. Абдусаматова они характеризуют танетский ярус. Мощность отложений бухарской свиты 3–5 м.

Пески казахтауской свиты кварцевые, сыпучие, хорошо отсортированные. В качестве примесей присутствуют полевые шпаты (5–8%) и редкие зерна фосфоритов. Мощность ее 5 м.

Нурина свита представлена бентонитовыми глинами. Нижний контакт ее резкий, согласный. Мощность в зависимости от эрозионного среза колеблется от 2 до 13 м.

Карбонатно-пальгорскитовые глины сугралинской свиты обогащены фосфатным веществом, содержат остатки микроорганизмов – фораминифер и наннопланктона. По определению А.Р. Кушакова среди них присутствуют: *Neococcolithus dubius*, *Marthasterites tribrachitus*, *Discoaster barbadiensis*, *D. lodoensis*, *Coccolithus lopelogicus*, которые, по заключению, относятся к наннопланктонным зонам *Marthasterites tribrachitus* (NP 12) и *Discoaster lodoensis* (NP 13) характеризуют раннеэоценовый возраст. Максимальная мощность свиты 12 м.

Разрез эоцена завершается бентонитоподобными глинами культабанской свиты зеленовато-серой и серовато-зеленой окраски, имеют плитчатое строение. Неполная мощность их до 40 м.

Бентонитовые глины нурина и карбонатно-пальгорскитовые глины сугралинской свиты эоцена образуют промышленные горизонты Навбахорского месторождения. Разведанные и утвержденные запасы их составляют 7.1 млн. т, а прогнозны – более 150 млн. т.

## ХИМИКО-МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИН

Вещественный состав и физико-химические свойства бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин изучены комплексом современных методов лабораторных исследований (химический, термический, электронно-микроскопический, рентгено-структурный, электронно-микронзондовый и масс-спектрометрический анализы), определены также дисперсность, набухаемость, обменная емкость, состав поглощенного комплекса глин и их водная вытяжка.

Бентонитовые глины серые, светло-серые, иногда коричневые. Все они тонкодисперсные, во влажном состоянии пластичные, воскоподобные, жирные на ощупь. При царапании ногтем образуются тонкие полупрозрачные мылоподобные стружки.

Структура глин пелитовая, текстура массивно-однородная или слоистая. Присутствие тонких линзовидных прослоев гидроксидов железа буровато-красной или красновато-желтой окраски подчеркивают слоистую текстуру породы.

При высушивании образцы бентонитовых глин становятся более светлыми, легко расщепляются на твердые чешуйчатые или пластинчатые обломки с гладкой поверхностью.

В минеральном составе бентонитовых глин резко преобладает монтмориллонит. Содержание его доходит до 80%. Второстепенным является иллит (10–25%). В качестве примесей отмечаются кварц, кристобалит, гидроксиды железа, кальцит, пальгорскит, галлуазит, алунит, ярозит и др. [Мирзаев, Чиникулов, 1999].

Среди бентонитовых глин выделяются щелочные и щелочно-земельные разновидности. Щелочные бентониты приурочены к средней части разреза нурина свиты. Сухие образцы их в воде медленно разбухают с образованием пушистой бархатистой каемки на поверхности. Набухшая масса напоминает раскрывшуюся розу.

Щелочно-земельные бентонитовые глины приурочены к нижней и верхней частям разреза нурина свиты. В отличие от щелочных, они имеют монотонную светло-серую окраску, более массивную текстуру. В воде распадаются на мелкие пластинки, при этом мало набухают.

Карбонатно-пальгорскитовые глины слагают весь разрез сугралинской свиты. Они во влажном состоянии серые, светло-серые. При высушивании становятся белыми, расщепляются на овальные и овально-плоские куски со своеобразными концентрическими текстурами с гладкой поверхностью. Сухие образцы плотные, относительно легкие, сильно прилипают к языку, что свидетельствует о большой эффективной пористости породы.

**Таблица 1.** Химический состав бентонитовых глин различных месторождений, вес %

Месторождение	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	ППП	Сумма
Биклянское (Россия)	56.94	0.36	20.35	7.22	–	2.42	2.03	2.79	1.69	–	0.50	7.59	99.89
Черкасское (Украина)	52.82	0.35	19.27	7.58	–	1.80	1.53	0.20	сл.	–	сл.	16.78	100.33
Келесское (Казахстан)	65.67	–	14.34	6.74	–	1.66	1.32	2.27	1.35	–	–	5.78	99.13
Огланлинское (Туркменистан)	56.07	–	15.18	1.03	–	3.10	3.58	0.74	0.28	–	–	19.63	99.61
Ханларское (Азербайджан)	53.64	0.26	16.39	2.73	–	4.32	2.12	1.19	0.77	–	0.06	18.40	99.88
Саригюхское (Армения)	50.96	0.42	15.36	6.73	0.06	сл.	4.78	0.84	3.35	–	0.06	17.92	100.47
Гумбрийское (Грузия)	56.94	0.31	15.15	2.57	0.12	2.59	1.36	0.14	1.06	–	0.50	19.55	100.29
Асканское (Грузия)	53.14	0.38	17.54	4.08	0.22	4.64	2.91	10.82	10.64	–	0.07	14.86	100.30
Азкамарское (Узбекистан)	57.92	–	18.89	5.77	–	0.01	0.72	2.63	2.63	–	–	11.52	100.09
Навбахорское:													
Щелочной бентонит	57.91	0.35	13.69	5.10	–	1.84	0.48	1.53	1.75	0.43	0.75	16.17	100.00
Щелочно-земельный бентонит	56.23	0.61	13.56	6.50	–	3.76	0.69	0.98	2.20	0.92	0.49	14.06	100.00
Карбонатно-пальгорскитовая глина	46.79	–	8.63	–	3.44	2.74	10.08	–	1.60	1.99	–	24.33	99.94

Примечание. Прочерк – компонент не обнаружен.

Карбонатно-пальгорскитовые глины состоят из пальгорскита, кальцита и монтмориллонита, которые являются породообразующими. В качестве примесей отмечаются иллит и кварц.

Химический состав щелочных и щелочно-земельных бентонитовых глин Навбахорского месторождения сходен с химическим составом бентонитовых глин других месторождений (табл. 1). Единственным отличием является то, что в этих глинах содержание глинозема наиболее низкое, что связано, вероятно, с замещением Al<sup>3+</sup> на Fe<sup>3+</sup> в октаэдрических слоях монтмориллонита [Гинзбург, Рукавишников, 1951; Милло, 1968].

Результаты химического анализа бентонитовых глин пересчитаны на структурную кристаллохимическую формулу. Для расчета принята теоретическая структурная формула монтмориллонита R<sup>3+</sup>(Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>)(OH)<sub>2</sub>, где R<sup>3+</sup> = Al<sup>3+</sup> и Fe<sup>3+</sup>. Щелочные бентониты имеют кристаллохимическую формулу Na<sub>0.22</sub>K<sub>0.17</sub>Ca<sub>0.04</sub>(Mg<sub>0.20</sub>Fe<sub>0.280</sub>Al<sub>1.17</sub>)[Si<sub>4.20</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>·3.91H<sub>2</sub>O, а щелочно-земельные бентониты – Na<sub>0.14</sub>K<sub>0.20</sub>Ca<sub>0.05</sub>(Mg<sub>0.41</sub>Fe<sub>0.36</sub>Al<sub>1.15</sub>)[Si<sub>4.05</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>·3.38H<sub>2</sub>O. Рассчитанные кристаллохимические формулы глин подтверждают монтмориллонитовый их состав. Избыточный отрицательный заряд, возникающий при замещении Al<sup>3+</sup> на Mg<sup>2+</sup> в октаэдрах, компенсируется обменными катионами Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup>.

Молекулярное отношение кремнезема к суммарному количеству полуторных окислов алюминия и железа в щелочных бентонитах Навбахорского месторождения – 5.8, а щелочно-земельных –

5.5, что свидетельствует о значительном содержании кварца и кристобалита.

Доминирующим минералом бентонитовых глин Навбахор является **монтмориллонит**. На рентгеновских дифрактограммах ориентированных препаратов щелочных бентонитов он устанавливается по основным базальным рефлексам с межплоскостными расстояниями 12.5 и 3.17–3.19 Å, а щелочно-земельных бентонитов – 11.5–12.2 и 3.15–3.19 Å (табл. 2). При насыщении препарата этиленгликолем первый базальный рефлекс смещается в сторону малых углов отражения с межплоскостным расстоянием до 16.8 Å, четко отделяясь от рефлекса иллита с межплоскостным расстоянием 10 Å.

Первый базальный рефлекс монтмориллонита с межплоскостным расстоянием 12.5 Å характеризует его щелочную природу [Закиров, 1977], то есть резкое преобладание в обменном комплексе катионов натрия, что подтверждается также определениями обменной емкости и комплексом поглощенных оснований (табл. 3).

Колебание межплоскостных расстояний первого базального рефлекса монтмориллонита в щелочно-земельных бентонитах от 11.5 до 12.2 Å связано с составом поглощенного комплекса глин. Устанавливается, что резкое преобладание поглощенного катиона магния над натрием дает базальное отражение с межплоскостным расстоянием 11.5 Å. При увеличении количества поглощенного катиона натрия увеличивается межплоскостное расстояние. Преобладание поглощенного катиона натрия над магнием с коэффициентом

**Таблица 2.** Рентгеновские данные образцов бентонитовых глин месторождения Навбахор

Номера образцов																Минералы		
Щелочные бентониты								Щелочно-земельные бентониты										
СШ-2а		СШ1		СК-3		10ШР-1		10ШР-2		НЛ1-3		НЛ1-4		НЛ2-1			НЛ2-2	
<i>i</i>	<i>d, Å</i>	<i>i</i>	<i>d, Å</i>	<i>i</i>	<i>d, Å</i>	<i>i</i>	<i>d, Å</i>	<i>i</i>	<i>d, Å</i>	<i>i</i>	<i>d, Å</i>	<i>i</i>	<i>d, Å</i>	<i>i</i>	<i>d, Å</i>		<i>i</i>	<i>d, Å</i>
4	12.50	3	12.50	5	12.50	10	12.50	3	12.07	1	11.66	3	12.22	10	12.0	10	12.0	монтмориллонит
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	10.27	9	10.69	пальгорскит
2	9.87	1	10.07	2	10.07	–	–	–	–	1	10.17	3	10.07	8	9.87	–	–	иллит
5	8.93	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	клиноптилолит
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	6.39	2	6.43	пальгорскит
1	4.95	–	–	1	4.95	3	4.95	1	4.95	1	5.05	2	5.00	6	5.00	3	5.03	иллит
2	4.48	2	4.49	1	4.49	2	4.49	1	4.49	2	4.49	2	4.49	2	4.49	1	4.49	монтмориллонит
2	4.23	3	4.23	2	4.23	–	–	2	4.23	5	4.28	4	4.28	3	4.27	3	4.30	кварц
–	–	2	4.07	–	–	–	–	2	4.07	3	4.10	3	4.08	–	–	–	–	кристобалит
2	3.92	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	клиноптилолит
9	3.32	8	3.32	8	3.32	6	3.32	4	3.32	8	3.32	9	3.32	10	3.32	9	3.32	кварц
3	3.17	2	3.17	3	3.17	6	3.15	3	3.17	5	3.21	6	3.20	10	3.19	9	3.19	монтмориллонит
2	1.98	1	1.98	2	1.99	2	1.99	1	2.00	1	1.99	3	1.99	8	1.96	4	1.99	кварц
1	1.82	1	1.81	1	1.81	–	–	–	–	2	1.81	2	1.80	1	1.79	2	1.81	кварц

**Таблица 3.** Обменная емкость и состав поглощенного комплекса бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин месторождения Навбахор (мг. экв/100 г)

Глины	Номер обр.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Сумма	Коэффициент щелочности
Щелочной бентонит	СК1-1	2.37	12.38	60.00	0.74	75.49	4.12
»	СК1-2	2.88	13.13	60.00	0.78	76.79	3.80
»	СШ1-1	1.75	7.85	67.14	1.00	77.77	7.07
»	НЛ1-1	4.00	25.5	47.00	11.26	78.26	1.50
Щелочно-земельный бентонит	14ШР-3	5.00	18.50	20.45	0.60	44.55	0.89
»	12ШР-4	13.00	17.75	15.41	0.49	46.65	0.52
»	11ШР-10	11.00	18.50	23.30	0.91	53.71	0.82
»	11ШР-5	10.00	25.50	31.30	0.85	62.65	1.05
»	8ШР-1	13.00	25.00	23.80	0.91	63.21	0.67
»	4ШР-1	10.00	25.50	18.25	0.57	54.32	0.53
»	4ШР-3	11.50	19.00	21.20	0.84	52.54	0.72
»	НЛ1-2	4.5	31.50	34.00	1.10	71.10	1.00
»	НЛ1-3	2.00	29.00	23.30	0.85	55.15	0.80
»	НЛ1-4	6.00	40.00	19.30	1.31	66.61	0.43
»	НЛ1-5	5.00	38.00	20.00	1.10	64.10	0.50
»	НЛ2-1	6.00	39.00	25.60	1.23	71.33	0.60
»	НЛ2-2	4.00	38.00	19.00	1.05	62.05	0.50
»	9ШР-1	7.00	42.5	19.3	0.87	69.17	0.40
Карбонатно-пальгорскитовые глины	5ШР-1	11.00	25.50	2.60	1.46	40.56	0.11

щелочности более 1 сопровождается увеличением межплоскостного расстояния до 12.2 Å.

Необходимо отметить, что в образцах, взятых из глубины шурфов, первый базальный рефлекс монтмориллонита очень интенсивный и с рефлексом иллита образует единый, общий пик, тогда как в образцах, взятых из приповерхностной части, пик менее интенсивный, но четко разделяются базальные рефлексы этих минералов, а в интенсивно выветрелых частях основные базальные рефлексы как монтмориллонита, так и иллита еле заметны. На общем низком фоне отмечаются только интенсивные узкие базальные рефлексы кварца. Это связано, скорее всего, со значительным размельчением частиц и частичным разрушением кристаллической решетки глинистых минералов под действием процессов гипергенеза. Таким образом, интенсивность пика на рентгеновских дифрактограммах зависит в первую очередь от структурного совершенства минералов, а не только от их содержания. Это обстоятельство требует более внимательного подхода к расшифровке рентгеновских дифрактограмм глинистых пород; вместе с тем оно позволяет выделить наиболее выветрелые части глин в разрезе.

На электронно-микроскопических снимках препарата, приготовленного из суспензии, монтмориллонит образует основной фон. Он представлен облаковидными частицами неправильно-изометричной формы с размытыми краями. Размер кристаллов варьирует от 0.1 до 1.0 мкм, иногда до 1.5 мкм. Преобладают кристаллы 0.3–0.5 мкм. На электронных микрофотографиях реплик поверхности образцов хорошо видны деформированные кристаллы монтмориллонита.

В дериватограммах бентонитовых глин отмечаются все три эндотермические пика, свойственные монтмориллонитовым глинам. Первый, наиболее интенсивный пик, связанный с выделением адсорбированной воды, имеет максимум при температурах 90–120°C. Второй пик регистрируется с максимумом при температурах 510–530°C, а третий – при температурах 820–860°C. Последние два пика связаны с выделением гидроксильной воды и разрушением кристаллической структуры монтмориллонита. Несколько пониженная температура второго пика, вероятно, обусловлена присутствием иллита.

Второй по содержанию глинистый минерал в бентонитовых глинах – **иллит**, на дифрактограммах ориентированных образцов выделяется по интенсивным базальным рефлексам с межплоскостными расстояниями 9.87–10.17 Å (см. табл. 2), которые после насыщения препарата этиленгликолем и прокаливании при температуре 550°C в течение 1 часа не меняют своего положения. На электронно-микроскопических снимках иллит представлен прозрачными или полупрозрачными

пластинками изометричной формы размером до 1–2 мкм. Края частиц в большинстве случаев четкие, резкие. Встречаются также обломанные кристаллы.

**Пальгорскит** присутствует в качестве второстепенного минерала в щелочно-земельных бентонитах. Но иногда он переходит в разряд пороодообразующего, при одновременном уменьшении доли иллита в породе. В таких случаях содержания иллита и пальгорскита сопоставимы и на дифрактограммах появляется интенсивный пик пальгорскита с межплоскостными расстояниями 10.27–10.50 и относительно слабые пики – 6.39–6.43 Å.

На электронно-микроскопических снимках видно, что пальгорскит образует узкие, удлиненно-пластинчатые, спутанно-волоконистые формы кристаллов. Размер их по длине 1.0–1.2 мкм и по ширине 0.01–0.02 мкм.

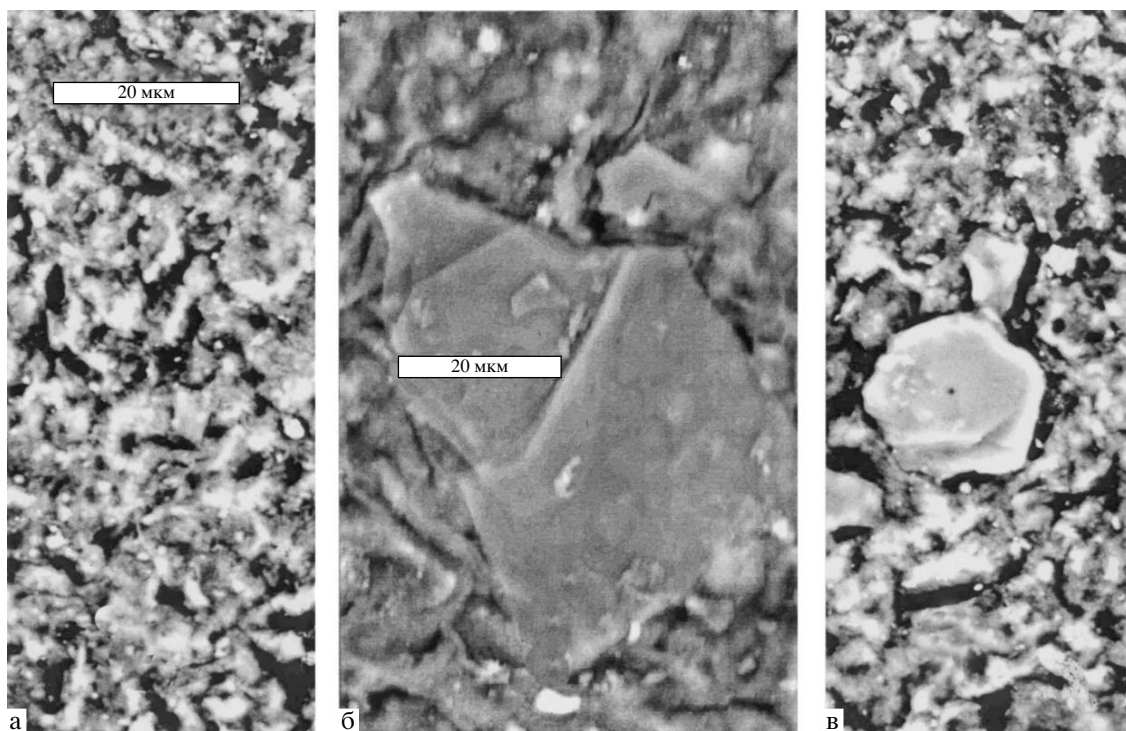
**Галлузит** присутствует в отдельных пробах. Обнаруживается только на электронно-микроскопических снимках суспензии. Представлен он единичными полыми трубками, которые в средней части более светлые, а по краям более темные.

В нескольких образцах обнаружен **клиноптилолит**, который на рентгеновских дифрактограммах диагностируется по узким интенсивным базальным рефлексам с межплоскостными расстояниями 8.93 и 3.97 Å. На электронно-микроскопических снимках видно, что клиноптилолит присутствует в виде хорошо ограненных водяно-прозрачных кристаллов, образующих гроздьевидные скопления.

**Свободные оксиды кремния** представлены кварцем и кристобалитом. Кварц обычно встречается в виде терригенной примеси микроскопической размерности. На рентгеновских дифрактограммах обнаруживается по базальным отражениям с межплоскостными расстояниями 4.21–4.30; 3.32; 1.98–2.00 и 1.79–1.81 Å. На электронно-микроскопических снимках представлен частицами остроугольной формы, равномерно рассеянными в глинистой массе.

Кристобалит на рентгеновских дифрактограммах определяется по базальному отражению 4.07–4.10 Å. Как и терригенный кварц, он является обычной примесью в бентонитовых глинах.

**Гидроксиды железа** присутствуют в глине в виде тонких линзообразных прослоек, выявляемых визуально, благодаря красноватой окраске или в виде тонкорассеянных точечных выделений, пропитывающих породу. Под электронным микроскопом выделяются в виде мелкой вкрапленности или звездочек. Гидроксиды железа являются гипергенными минеральными новообразованиями, возникшими в результате выщелачивания тонкорассеянного пирита, что доказывается



**Рис. 1.** Электронно-зондовые снимки поверхности бентонитовых глин.

а – текстура “каракулевых узоров”; б – крупный кристалл иллита; в – псевдогексагональный кристалл каолинита.

сонахождением гидроксидов железа с сульфатными минералами.

**Сульфаты** присутствуют в бентонитовых глинах в виде гипса, целестина, барита, ярозита и алуниита. Гипс представлен двумя генетическими типами. Первый тип – седиментационный, представлен в виде мучнистого гипса на поверхности раздела микрослойков. Второй – гипергенный, связан с выщелачиванием тонкорассеянного пирита в породе. Этот тип гипса наряду с ярозитом и алуниитом присутствует совместно с гидроксидами железа.

Ярозит и алуниит обнаруживаются под электронным микроскопом в виде редких прямоугольных кристаллов. Целестин и барит часто образуют конкреции и конкреционные сростки размером 1–5 см, иногда до 20 см в поперечнике.

**Карбонаты** представлены только кальцитом, который встречается редко. Он обнаруживается благодаря своей ромбической форме только под электронным микроскопом.

Соединения марганца и фосфора не фиксируются рентгено-структурным и электронно-микроскопическим анализами, обнаруживаются только по результатам химического анализа.

Электронно-зондовый микроанализ образцов бентонитовых глин показывает, что основная масса представлена монтмориллонитом. При большом увеличении поверхность деформиро-

ванных кристаллов монтмориллонита напоминает текстуру “каракулевых узоров” (рис. 1а).

На фоне монтмориллонитовой массы отмечаются рассеянные угловатые зерна кварца микроскопической размерности, довольно крупные деформированные пластинки иллита (см. рис. 1б) и редкие псевдогексагональные кристаллы каолинита (см. рис. 1в).

Электронно-зондовый микроанализ позволяет определить форму и взаимоотношения кристаллов, а также химический состав, что дает возможность точно диагностировать минералы, содержащиеся в породе, в данном случае отличать иллита от монтмориллонита, что не всегда удается другими методами лабораторных анализов, особенно определение смешанослойных образований. Судя по химическому составу, эти образования варьируют от почти чистого иллита до монтмориллонита.

Карбонатно-пальгорскитовые глины месторождения Навбахор характеризуются пониженным содержанием кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) и глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) за счет повышенного содержания окиси кальция, связанного с карбонатным материалом. Содержание его в среднем 10.5%, что при пересчете на  $\text{CaCO}_3$  составляет около 19% (см. табл. 1).

Обращает внимание повышенное содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$ , составляющего 2% от массы породы. Железо, в отличие от бентонитовых глин, представле-

но в основном в закисной форме, что определяет светлую, почти белую окраску породы.

Рентгено-структурным анализом в составе карбонатно-пальгорскитовых глин устанавливаются пальгорскит, кальцит и монтмориллонит, которые являются породообразующими. В качестве примесей отмечаются иллит, кварц и кристобалит. Пальгорскит диагностируется по базальным рефлексам 10.27–10.47 и 6.35–6.39 Å, а монтмориллонит – 12.0; 4.49; 3.17–3.19 Å. Кальцит, при содержании в породе больше 10%, четко фиксируется узкими базальными рефлексами 2.99; 1.91 и 1.86–1.87 Å (табл. 4).

Под электронным микроскопом в препаратах, приготовленных из суспензии глин, видно обилие диспергированных кристаллов пальгорскита. При большом увеличении (×60000) наблюдается удлиненно-ленточное строение его кристаллов, часто с вогнутыми концами. Они полупрозрачные, при наложении друг на друга также просвечиваются и подстилающие.

На угольных репликах, снятых с поверхности образцов, хорошо видны беспорядочно ориентированные пучки волокнистых кристаллов пальгорскита.

На электронно-микроскопических снимках препарата карбонатно-пальгорскитовых глин видно, что в их составе монтмориллонит, а тем более иллит играют подчиненную роль. Изредка появляются относительно крупные палочки галлуазита, напоминающие рулет, образованные в результате скручивания пластинчатого кристалла.

Кальцит представлен непрозрачными кристаллами ромбической или прямоугольной формы. Обычно они собраны в группы по 2–3 кристалла.

На дериватограммах карбонатно-пальгорскитовых глин отмечается два эндотермических пика. Первый с максимумом при температуре 120°C связан с удалением адсорбированной воды, второй пик имеет максимум при температуре 780–820°C, который соответствует разложению кальцита. Присутствие достаточного количества карбонатного материала затушевывает второй и третий эндотермические пики, свойственные монтмориллониту. Последний, в свою очередь, понижает температуру диссоциации кальцита. Судя по потере веса, содержание карбонатного материала иногда доходит до 30%.

На снимках, полученных с поверхности скола образца карбонатно-пальгорскитовых глин на микроанализаторе JXF-8800R “Superprobe”, четко видна причудливая морфология разнообразных частиц, а также высокая пористость породы (рис. 2а). Чаще всего встречаются округленно-овальные, звездчатые, удлиненные, листоватые и остроугольные частицы. Остроугольно-овальные частицы обычно имеют концентрическое строение и

**Таблица 4.** Рентгеновские данные карбонатно-пальгорскитовых глин месторождения Навбахор

Номера образцов								Минералы
3К1-0		5ШР-2		НЛ2-3		Кт-1		
<i>i</i>	<i>d</i> , Å	<i>i</i>	<i>d</i> , Å	<i>i</i>	<i>d</i> , Å	<i>i</i>	<i>d</i> , Å	
–	–	1	12.00	3	12.00	3	12.00	монтмориллонит
2	10.27	2	10.27	7	10.47	7	10.37	пальгорскит
1	6.39	–	–	2	6.35	1	6.36	пальгорскит
–	–	–	–	1	4.98	1	4.98	иллит
–	–	–	–	1	4.49	1	4.49	монтмориллонит
1	4.23	1	4.23	1	4.25	1	4.25	кварц
1	4.05	–	–	–	–	–	–	кристобалит
1	3.89	2	3.89	1	3.83	1	3.85	доломит
3	3.32	3	3.34	9	3.32	9	3.33	кварц
1	3.17	1	3.19	6	3.19	5	3.19	монтмориллонит
5	3.03	8	2.99	10	3.01	9	3.02	кальцит
–	–	1	2.84	1	2.83	2	2.84	доломит
1	1.91	2	1.91	4	1.91	2	1.91	кальцит

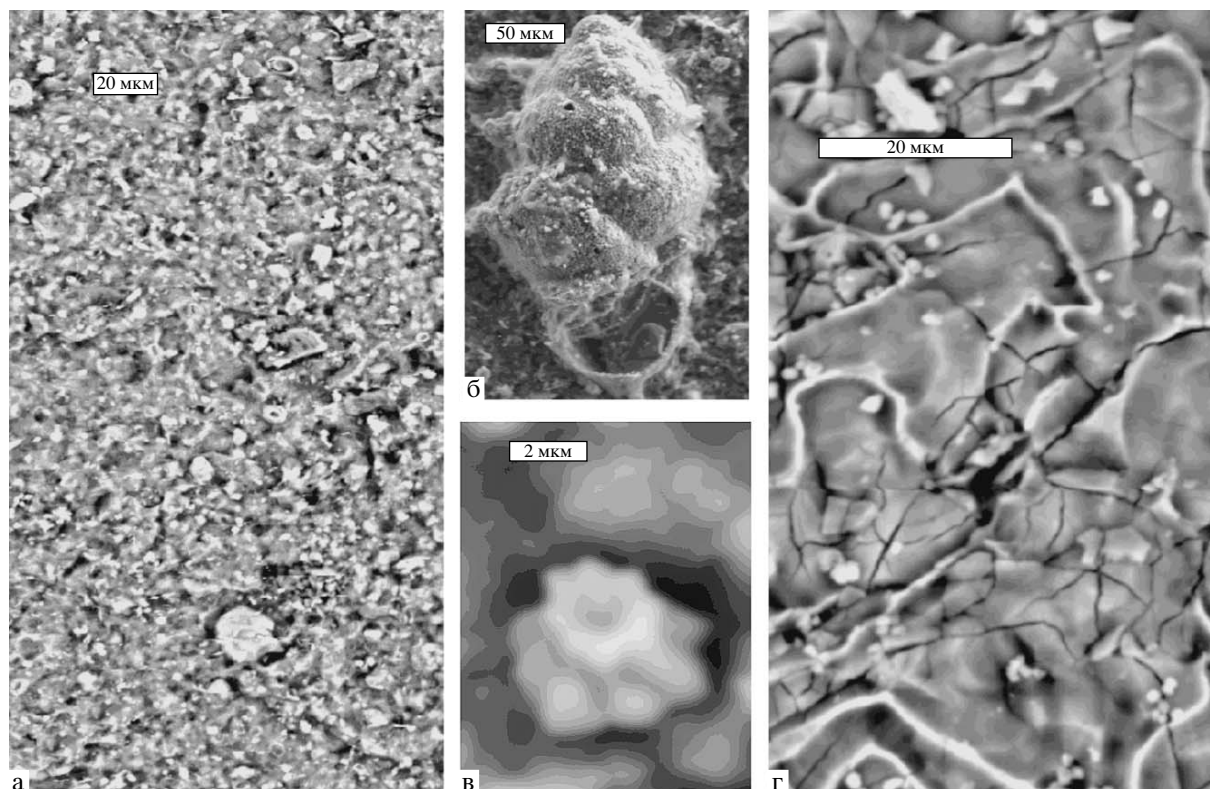
в основном представляют собой органические остатки карбонатного и кремнистого состава. При большом увеличении просматриваются фораминиферы (см. рис. 2б) и панцири наннопланктона (см. рис. 2в) размером 5 × 5 мкм.

В бентонитовых глинах встречены также относительно крупные стяжения фосфатного вещества (фосфатизированные органические остатки) и кристаллы барита. Фосфатизированные остатки высокопористые с многочисленными извилистыми каналами, расширяющимися в один конец. Расширяющаяся часть переходит в плоскость сегментовидной формы с гладкой поверхностью (см. рис. 2г). На фоне фосфатизированного материала хорошо видны отдельные кристаллы кальцита ромбической формы размером 2–3 мкм.

Барит представлен кристаллами размером до 1.5 мкм. Нередко кристаллы образуют отдельные скопления.

На растровых снимках видны все органические остатки, сложенные карбонатом кальция (рис. 3). На фоне распределения кальция они выделяются светлой окраской, на фоне других элементов – темной. На растровых снимках отмечается довольно равномерное распределение кремния, магния, железа и калия, что связано с вхождением их в кристаллическую решетку глинистых минералов. Более яркие светлые пятна на фоне распределения кремния связаны с присутствием терригенного кварца или кремниевых органических остатков (см. рис. 3).

По величине обменной емкости и состава поглощенных комплексов щелочные и щелочно-зе-



**Рис. 2.** Электронно-зондовые снимки поверхности карбонатно-пальгорскитовых глин.

а – пористая поверхность; б – раковина фораминиферы; в – раковина наннопланктона; г – фосфатизированный органический остаток.

мельные бентониты и карбонатно-пальгорскитовые глины резко отличаются друг от друга (см. табл. 3). Среднее значение общей обменной емкости щелочных бентонитов равно 74.3 мг. экв на 100 г глины, а коэффициент щелочности – 4, и они относятся к резко щелочным.

Общая обменная емкость щелочно-земельных бентонитов значительно ниже и в среднем составляет 52.0 мг. экв на 100 г глины, а коэффициент щелочности – 0.9. Значительные вариации общей обменной емкости щелочно-земельных бентонитов от 44 до 71 мг. экв на 100 г и коэффициента щелочности от 0.4 до 1.0 свидетельствуют об изменчивости минерального состава и дисперсности глин.

Самым низким значением обменной емкости из всех природных разновидностей глин характеризуются карбонатно-пальгорскитовые. При этом они относятся к щелочно-земельному типу с очень низким коэффициентом щелочности. Резкое преобладание щелочно-земельных катионов в составе поглощенных комплексов хорошо фиксируется на дериватограммах в виде дополнительной остановки при температуре 220°C, условно первой формы первого эндотермического пика.

Полиминеральный кальцит-монтмориллонит-пальгорскитовый минеральный состав этих глин предопределяет их довольно низкую обменную емкость, так как пальгорскит имеет удлиненно-ленточную форму кристаллов с небольшой эффективной поверхностью, а кристаллы кальцита вообще не обладают поверхностной энергией.

#### УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГЛИН

Бентонитовые глины палеогена Навбахорского месторождения образовались в морских условиях при спокойном платформенном режиме, максимально выровненном рельефе поверхности площадей размыва и аридном климате. Все это предопределяло незначительный привнос крупнообломочных частиц, высокое содержание глинистых фракций и растворенных компонентов в составе поступающего материала в бассейн седиментации.

Для накопления бентонитовых глин важное значение имели гидродинамические и гидрохимические условия среды осадконакопления. Влияние этих факторов на формирование и сохранение глинистых минералов освещено во многих работах [Викулова, 1957; Коссовская, Шутов, 1963; Зхус, 1966; Грим, 1967].



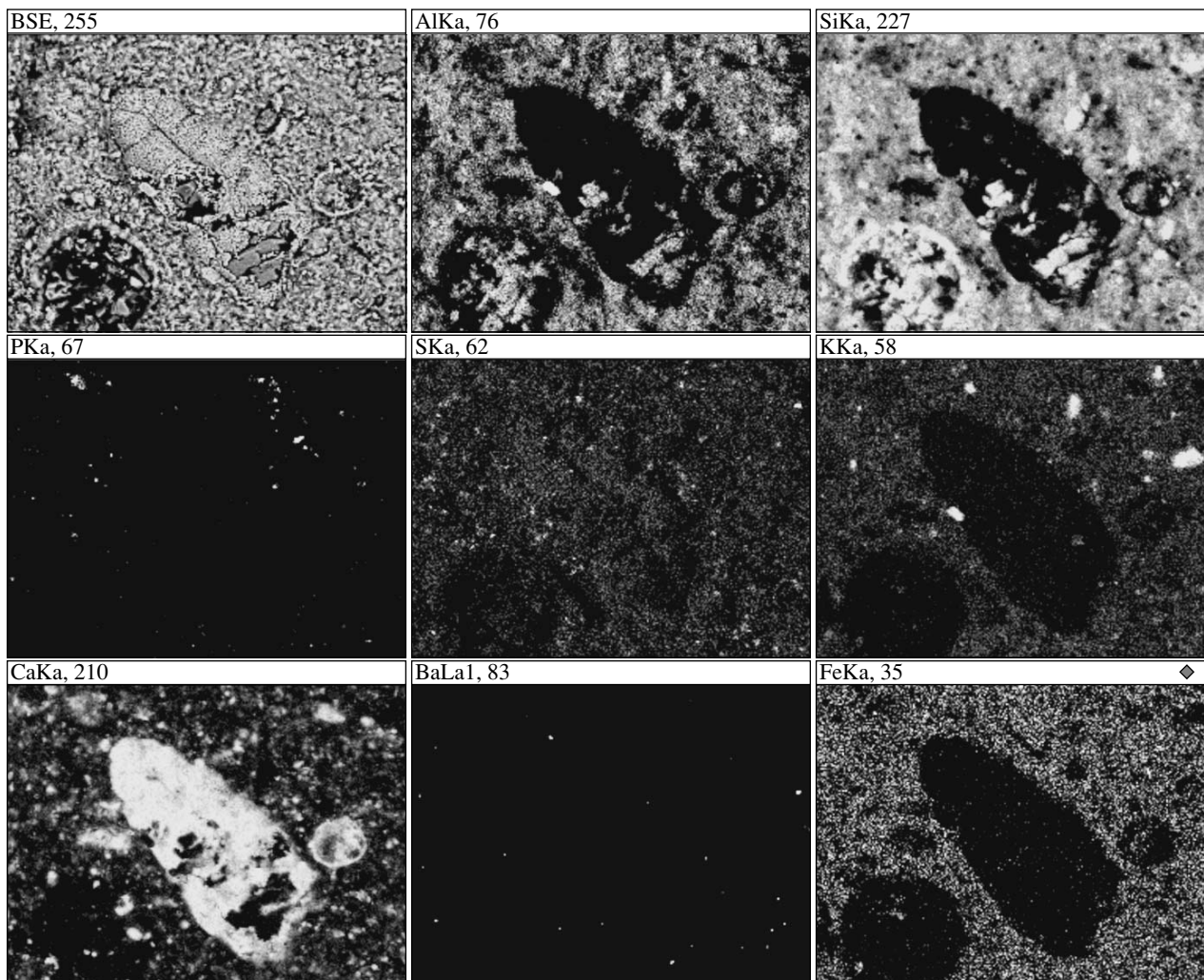


Рис. 3. Растровые снимки распределения основных элементов в карбонатно-пальгорскитовой глине.

Накопление бентонитовых глин происходило в спокойных гидродинамических условиях, вне зоны действия волнений и морских течений. Об этом свидетельствует высокая дисперсность глинистого материала, а также отсутствие каких-либо остатков бентосных организмов. Только изредка отмечаются остатки планктонных микроорганизмов: фораминифер, радиолярий, диатомовых водорослей и наннопланктона, осажденных из верхних слоев морской воды.

Монтмориллонит в составе бентонитовых глин Навбахорского месторождения имеет двойственную природу – как аллохтонную, так и автохтонную, не исключено влияние пеплового материала на его образование.

Микрослойчатая текстура бентонитовых глин очень четко наблюдается при их высыхании. Слегка смоченные в воде образцы бентонитов в процессе высыхания расщепляются на тонкие параллельные пластинки. А бентонитовые глины,

образованные в результате гальмиролиза вулканического материала, такую текстуру не имеют. Они массивные, им свойственна комковатая отдельность.

Палеогеновый морской бассейн имел своеобразный химический состав вод, что отражено в обменном комплексе бентонитовых глин, а также в выделении щелочных и щелочно-земельных разностей. Необходимо отметить, что в литературе не описаны подобные щелочные бентониты аллотигенно-трансформированного генезиса.

Отличительная особенность морского бассейна связана с наличием солей натрия в форме хлоридных и сульфатных соединений. При высоком засолении вод бассейна катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  вытесняются из поглощенного комплекса катионами натрия ( $\text{Na}^+$ ) и глина становится натриевой. При этом катионы магния вытесняются с большим трудом, будучи прочно связанными, и поэтому относительное содержание его в поглощенном

комплексе выше, чем катиона  $\text{Ca}^{2+}$  [Перельман, 1972].

Существование осолоненных условий при формировании щелочных бентонитовых глин подтверждается сульфатно-хлоридным натриевым составом их водной вытяжки.

Большинство исследователей рассматривает палыгорскит и сепиолит в глинистых породах как минералы-индикаторы эвапоритового процесса, что подтверждается широкой приуроченностью их к карбонатным и глинистым отложениям, образованным в аридных условиях [Страхов, 1963; Ратеев, 1964; Милло, 1968].

Во время формирования карбонатно-палыгорскитовых глин палеогена Навбахорского месторождения отмечается значительное обмеление морского бассейна, существенные изменения гидродинамических и гидрохимических условий среды осадкообразования, способствующие одновременной садке терригенного, хемогенного и биогенного материала с преобладанием того или другого в каждом конкретном случае.

Наличие достаточного количества растворенного кремнезема и катиона магния в морской воде благоприятствует синтезу магнезиальных силикатов, в частности палыгорскита. Аутигенный генезис палыгорскита подтверждается формой его нахождения в виде пучков, четко фиксируемых на угольных репликах.

Таким образом, можно констатировать, что высококачественные бентонитовые глины образовались в спокойных гидродинамических условиях при щелочной реакции и повышенной солености вод морского бассейна путем трансформации глинистых минералов, привнесенных с суши и образования аутигенного монтмориллонита. В последующем, в результате значительного обмеления морского бассейна происходит одновременная садка хемогенного и биогенного материала с ограниченным привнесом в бассейн седиментации терригенного материала и накопление карбонатно-палыгорскитовых глин в условиях платформенного тектонического режима и аридного климата.

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИН

Проведенные лабораторно-технологические и промышленные испытания бентонитовых и карбонатно-палыгорскитовых глин Навбахорского месторождения показали высокое качество сырья. Из этих глин можно получать буровую суспензию для проходки нефтегазовых скважин в объеме 14–15 м<sup>3</sup>/т из щелочных и 12–13 м<sup>3</sup>/т из щелочно-земельных разностей с удельным весом раствора 1.04 и 1.05 г/см<sup>3</sup>, соответственно, при вязкости 25 сек и соответствии остальных эксплуатационных параметров требованиям стандарта.

Буровые растворы из бентонитовых глин позволяют бурение скважин в слабонапорных горизонтах, обеспечивают высокую скорость проходки. Глинистый раствор хорошо поддается химической обработке и утяжелению, что дает возможность регулировать эксплуатационные параметры при изменении горно-геологических условий в процессе бурения.

Карбонатно-палыгорскитовые глины также дают высокий выход бурового раствора – 10 м<sup>3</sup> из одной тонны сырья. При этом все эксплуатационные параметры, за исключением фильтрации (водоотдача), соответствуют требованиям, предъявляемым к буровым растворам.

Снижение водоотдачи суспензии бурового раствора достигается добавлением хлористого натрия. Добавка его в количестве 5% к суспензии снижает фильтрацию от 40 до 5 см<sup>3</sup> за 30 сек.

При проходке скважин через соленосные толщи соленость бурового раствора может достигать до 20% и более. Для выяснения поведения карбонатно-палыгорскитовой глины в присутствии электролитов были приготовлены суспензии глин соленостью 10 и 20%. В минерализованной суспензии бурового раствора карбонатно-палыгорскитовой глины величины вязкости и статического напряжения сдвига увеличиваются, водоотдача понижается, а все остальные параметры существенно не изменяются.

Таким образом, карбонатно-палыгорскитовые глины месторождения Навбахор являются солестойкими, и присутствие солей улучшает качество глинистой суспензии.

Преимуществом карбонатно-палыгорскитовой глины перед остальными является еще и присутствие в минеральном составе ее достаточного количества кальцита. Кальцит, бурно реагируя с кислотой, способствует раскрытию путей притока углеводородных флюидов в ствол скважин из продуктивных горизонтов.

Из вышеизложенного вытекает, что буровой раствор, приготовленный из бентонитовых и карбонатно-палыгорскитовых глин, пригоден для бурения скважин в различных горно-геологических условиях без обработки их химическими реагентами.

Бентонитовые и карбонатно-палыгорскитовые глины Навбахорского месторождения были использованы для осветления хлопкового масла и винно-водочных продуктов, при этом получены хорошие результаты, удовлетворяющие требованиям промышленности.

Для адсорбционного осветления использовали хлопковое рафинированное масло с кислотным числом 0.58 мгКОН и цветности 20.0 красных единиц в 13.5 см слое, количество сорбента 1 и 2% от массы масла, предварительно активированного кислотным и термическим способами.

Наилучшей адсорбционной способностью обладают карбонатно-пальгорскитовые глины и щелочной бентонит, которые при 2%-ном их использовании снижают цветность хлопкового масла на 8–9 красных единиц или степень их осветления составляет 40–45%, что соответствует требованиям промышленности. Кислотное число понижается до нормы при использовании глин после термической обработки, активированные кислоты глины, наоборот, повышают его, при этом степень отбелки примерно одинаковы. Значит, изученные глины пригодны для отбелки хлопкового масла после простой термической обработки, что резко сокращает себестоимость продукции, является безопасным по отношению к кислотной активации и не создает экологических проблем.

Щелочные бентонитовые глины Навбахорского месторождения можно использовать в качестве структурообразующей добавки в производстве краски и активного компонента моющих и чистящих средств. Благодаря своей тиксотропности и дисперсности щелочной бентонит лучше структурирует эмаль, чем синтетический структурообразователь Т-80 (полиэтиленгликоль). Из щелочного бентонита получены хозяйственное мыло, моющие пасты и чистящие порошки хорошего качества.

Исследования, проведенные в Ташкентском фармацевтическом институте, показали, что бентонитовые глины могут быть использованы как вспомогательные, а в некоторых случаях и как основные активные компоненты в производстве лекарственных препаратов. После специальной обработки из бентонитовых глин получен препарат, обладающий сильным антисептическим и адсорбционными свойствами. Клинические испытания показали, что он очень эффективен при лечении ран и ожогов.

Вышеперечисленным не исчерпываются отрасли применения бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин месторождения Навбахор. Они могут быть использованы в строительной и парфюмерной промышленности, в сельском хозяйстве и др.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Бентонитовые и карбонатно-пальгорскитовые глины месторождения Навбахор приурочены к разрезу нижнего эоцена (ипрский ярус).

2. Бентонитовые глины имеют преимущественно монтмориллонитовый минеральный состав, в качестве второстепенных и примесей отмечаются иллит, пальгорскит, кварц, гидроксиды

железа и др. Бентонитовые глины по физико-химическим свойствам подразделяются на щелочные и щелочно-земельные разновидности.

3. Карбонатно-пальгорскитовые глины имеют кальцит-монтмориллонит-пальгорскитовый минеральный состав и залегают согласно на горизонт бентонитовых глин.

4. Образование залежей бентонитовых и карбонатно-пальгорскитовых глин происходило в щелочной среде морского бассейна. Основной породообразующий минерал – монтмориллонит имеет как аллотигенное, так и аутигенное происхождение, а кальцит и пальгорскит – только аутигенное.

5. Бентонитовые и карбонатно-пальгорскитовые глины пригодны для приготовления буровых растворов, очистки хлопкового масла и винно-водочных продуктов. Они также могут быть использованы в бытовой химии, медицине, косметике, строительной промышленности и др.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Виклова М.Ф.* Методическое руководство по петрографо-минеральному изучению глин // Тр. ВСЕГЕИ. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 448 с.
- Гинзбург И.И., Рукавишникова А.И.* Минералы древней коры выветривания Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 717 с.
- Грим Р.Е.* Минералогия и практическое использование глин. М.: Мир, 1967. 511 с.
- Закиров М.З.* Гипергенез глинистых отложений Узбекистана и его минеральные индикаторы. Ташкент: Фан, 1977. 182 с.
- Зхус И.Д.* Глинистые минералы и их палеогеографическое значение. М.: Наука, 1966. 297 с.
- Коссовская А.Г., Шутов В.Д.* Глинистые минералы – индикаторы глубинного изменения терригенных пород // Геохимия, петрография и минералогия осадочных образований. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
- Милло Ж.* Геология глин. Л.: Недра, 1968. 355 с.
- Мирзаев А.У., Чиникулов Х.* Новое месторождение бентонитовых глин Навбахор // Геология и минеральные ресурсы. 1999. № 5. С. 23–30.
- Перельман А.И.* Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
- Ратеев М.А.* Закономерности размещения и генезис глинистых минералов в современных и древних морских бассейнах // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 112. М.: Наука, 1964. 285 с.
- Страхов Н.М.* Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 534 с.