

Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология, 1996. – № 1. – С. 5–20.

7. Чернышов, Н.М. Особенности распределения и формы нахождения благородных металлов в железистых кварцитах Михайловского месторождения КМА и их техногенных продуктах (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов, С.В. Петров, С.П. Молотков // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 2003. – № 1. – С. 93–104.

8. Чернышов, Н.М. Минерально-сырьевой потенциал цветных и благородных металлов Центрально-Черноземного региона: Состояние и перспективы освоения / Н.М. Чернышов // Стратегия социально-экономического развития регионов : сб. ст. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2002. – С. 38–46.

9. Чернышов, Н.М. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА

(Центральная Россия) / Н.М. Чернышов, В.М. Изюмко, С.В. Петров и др. // Доклады РАН. – 2003. – Т. 391. – № 1. – С. 104–107.

10. Чернышов, Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия) / Н.М. Чернышов. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 448 с.

11. Шелехов, А.Н. Месторождения железистых кварцитов и продукты их передела – новый перспективный источник золото-платиносодержащего сырья в XXI в. (на примере Центральной России) / А.Н. Шелехов, В.А. Лючкин, Ю.С. Ляховкин // Платина России. – Т. III: в 2 кн. – М. : Геоинформмарк, 1999. – С. 289–294.

12. Щеголев, И.Н. Железорудные формации докембрия Курской магнитной аномалии и Украинского щита / И.Н. Щеголев // Геол. журн. – 1981. – Т. 41. – № 5. – С. 41–49.

УДК 553.6.078

## СТЕКОЛЬНЫЕ ПЕСКИ В АПТСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕЖДУРЕЧЬЯ ДОН-ВЕДУГА

А.Д. Савко\*, В.П. Михин\*\*

*\*Воронежский государственный университет, \*\*Воронежское рудоуправление*

Рассматриваются особенности распространения, гранулометрия, минеральный, гранулометрический составы и генезис стекольных песков Богдановского и вскрыши Латненского месторождений. Образование кварцевых песков, ассоциирующихся с каолиновыми глинами, происходило за счет размыва и переотложения вещества кор выветривания.

Формирование песчаных пород апта происходит за счет переотложения зрелого материала из кор выветривания [1], что обусловило образование континентальных олигомиктовых россыпей кварцевых песков по терминологии [2]. Кварцевые пески в России и остальном мире широко используются для производства формовочных смесей в металлургической промышленности (до 50 %), в стекольном производстве (30–35 %), строительной, химической, керамической и других отраслях. В последнее время разработана технология получения оптического кварцевого сырья из россыпей особо чистого кварца [2]. Это сырье отнесено к четвертой группе по дефицитности и признано остродефицитным [3]. Наиболее полная характеристика по генезису кварцевых песков, песчаников и кварцитов бывшего СССР приведена в работе [4].

Во всем мире кварцевых песков сейчас добывается порядка 100–120 , в США – 28,5, в России – 6 млн тонн в год. В СССР добыча была 30–40, в России – около десяти млн тонн в год. На мировых рынках кварцевый песок является дефицитным сырьем и стоит от 15 до 30 долларов США за тонну. В России в настоящее время имеется ряд месторождений. Основные из них расположены в Центральном и Северо-Западном районах Европейской части России. Большую часть продукции (64 %) дают Раменский и Ташлинский ГОКи,

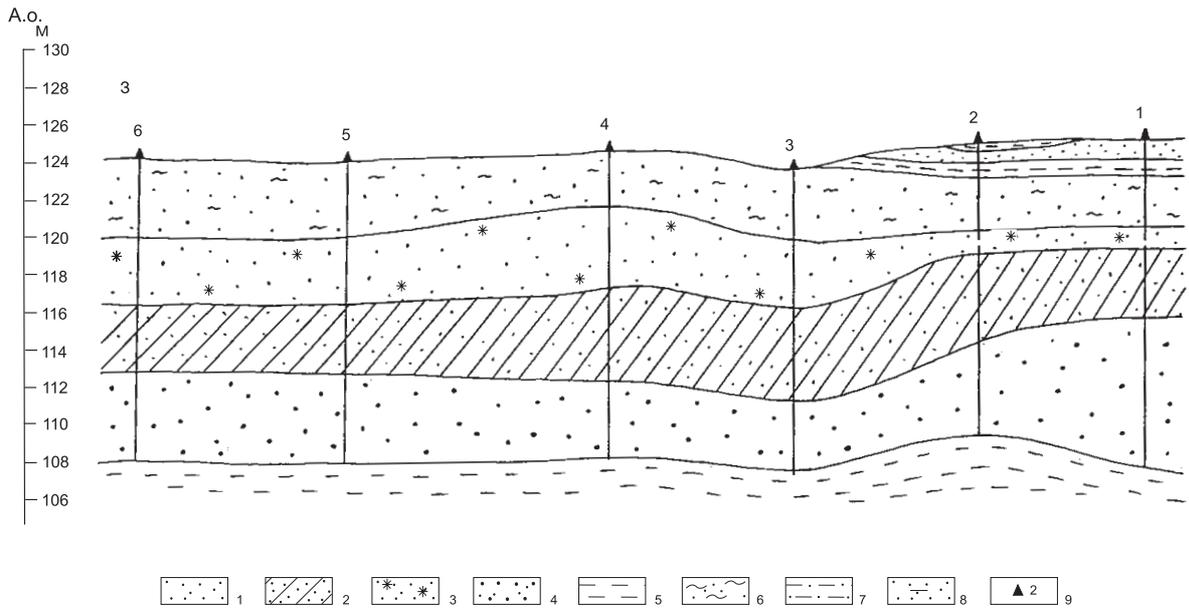
поставляющие ее на более чем 250 заводов России. Особый дефицит представляют качественные стекольные пески. До настоящего времени их месторождений в Центрально-Черноземном регионе не было.

### 1. Распространение, условия залегания и генезис

Стекольные пески аптских аллювиальных отложений залегают на разных уровнях разреза как в подглиняной, так и надглиняной толщах. Наиболее полно они вскрыты на участке Средний Латненского месторождения (рис. 1).

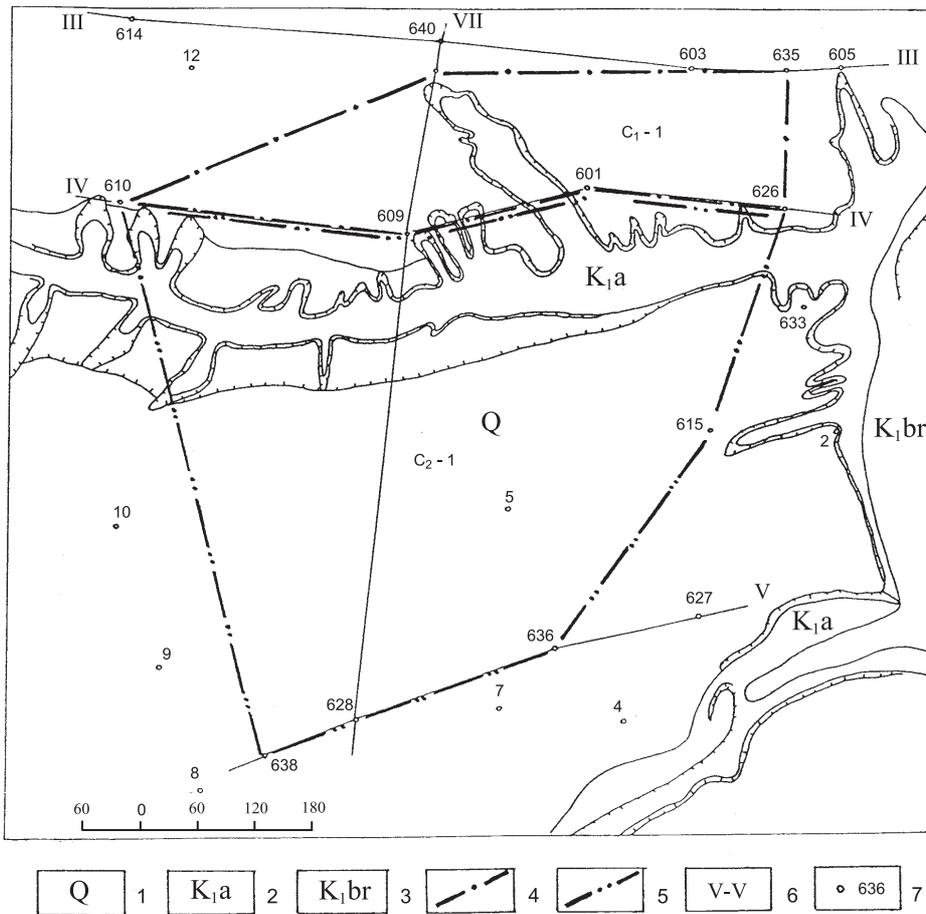
В подглиняной толще стекольные пески залегают среди грубозернистых песков в виде линз мощностью до 5,0 м и протяженностью до 500 м. Они представляют собой образования отмелей прирусловых валов с характерным чередованием косых и полого-горизонтальных серий. Качество песков довольно высокое, о чем свидетельствуют данные химических анализов: SiO<sub>2</sub> – от 98,8 до 99 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – от 0,52 до 0,62 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – от 0,04 до 0,08 %, TiO<sub>2</sub> – от 0,07 до 0,13 %. Остаток на сите 0,8 мм колеблется от 0,23 до 2,47 %, проход через сито 0,1 мм составляет от 1,27 до 3,67 %.

Аналогичные по размерности и качеству пески могут находиться и в надглиняной толще. Однако



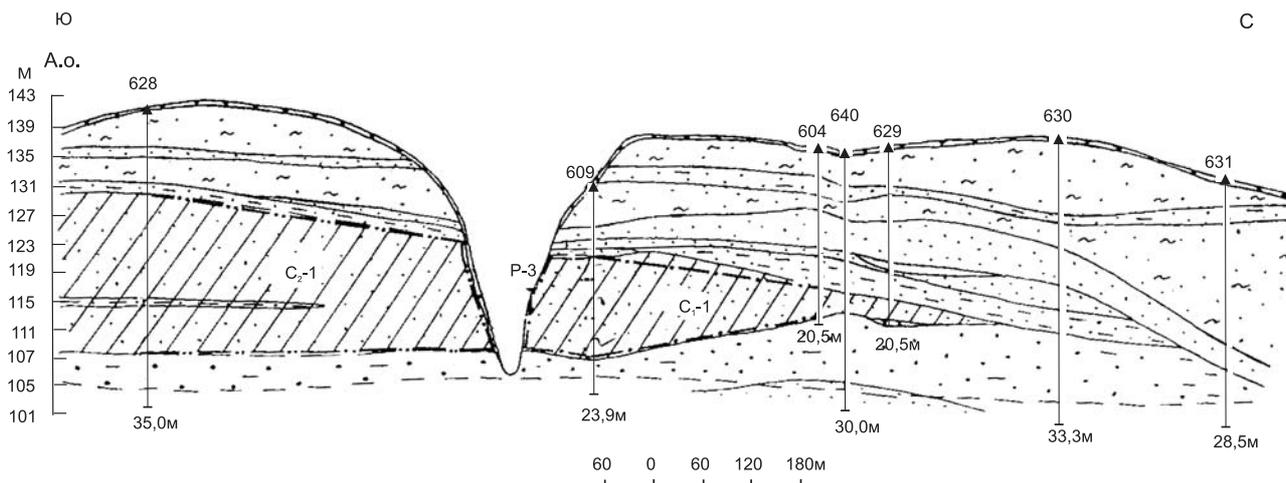
**Рис. 1. Геологический разрез карьера «Средний»:**

пески: 1 – мелкозернистые; 2 – стекольные; 3 – ожезленные;  
 4 – грубозернистые, гравелитистые; 5 – глины; 6 – суглинки;  
 7 – глины запесоченные; 8 – глинистость; 9 – скважины и их номера  
 Масштабы: вертикальный – 1:300; горизонтальный – 1:1500



**Рис. 2. Геологическая карта Богдановского месторождения:**

отложения: 1 – четвертичные; меловые: 2 – аптские; 3 – барремские; контуры подсчета запасов:  
 4 – категория  $C_1$ , 5 – категория  $C_2$ , 6 – линия разреза; 7 – номер скважин



**Рис. 3. Геологический разрез Богдановского месторождения по линии VII – VII**  
Условные обозначения см. на рис. 1

в настоящее время ни подглиняные, ни надглиняные стекольные пески практического значения не имеют из-за маломощности пластов и небольших запасов. Между тем в начале XX столетия жители окрестных сел Латненского месторождения специальными кисточками выбирали из мелких прослоев в кожаные мешочки белые пески для продажи представителям фирмы «Цейс», которая изготовляла высококачественное оптическое стекло. Обнаруженные в песке малейшие примеси беспощадно браковались заказчиками.

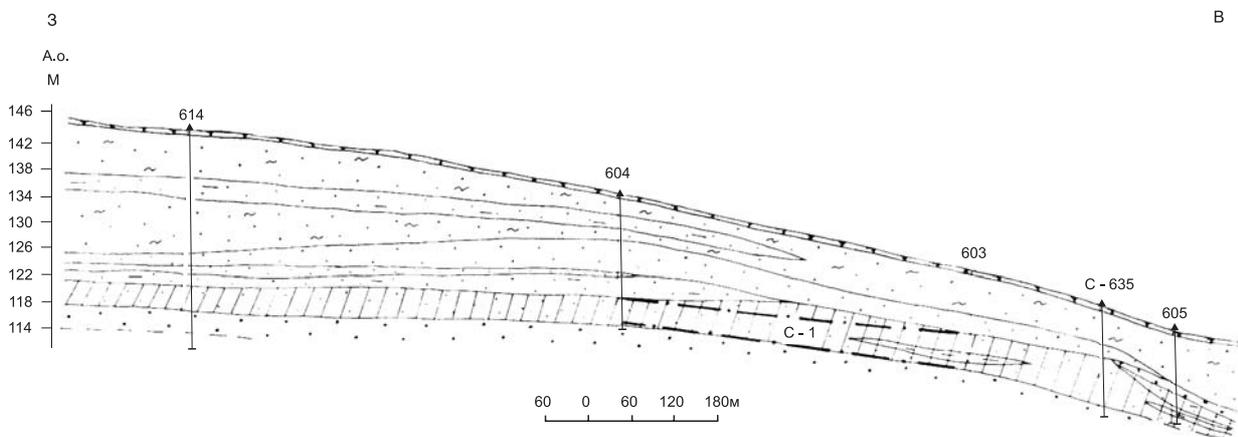
В результате поисковых работ Воронежским рудоуправлением выявлено месторождение стекольных песков «Богдановское» (рис. 2). Оно расположено в Хохольском районе Воронежской области, на правом берегу долины реки Еманча, в 7 км восточнее поселка Хохольский, и примыкает к западной и северо-западной окраинам д. Еманча. Балкой Еманчевский Лог месторождение разделяется на северную и южную части, общая площадь которых составляет 297,2 тыс. м<sup>2</sup>.

Полезная толща представлена мелкозернистыми кварцевыми стекольными песками в аллювиальных отложениях апта, залегающих на барремских и перекрытых четвертичными отложениями (рис. 3 и 4). Бар-

ремские образования, вскрытые скважинами 615, 626, 627, 633 и 634 на глубину до 1 м, сложены темно-серыми до черных, иногда синевато-зелеными, плотными, жирными на ощупь глинами. На контакте с вышележащими песками они часто ожелезнены и окрашены в желто-бурые тона. Кровля отложений барремского яруса находится на отметках 98–100 м.

Залегающая выше аллювиальная толща в нижней части сложена крупнозернистыми косослоистыми кварцевыми песками (3,0–14,0 м) с гравийными зернами размером до 5 мм. Помимо кварцевых встречены полуокатанные обломки песчаников, алевролитов и кремней [5]. В подошвенной части пески ожелезнены, имеют желто-бурый цвет. Вверх по разрезу размер зерен в песках уменьшается, и они переходят в разнозернистые, преимущественно в средне- и крупнозернистые. На юге месторождения в подошвенной части отмечаются горизонты глинистых крупнозернистых разностей. В целом рассматриваемые пески отличаются чистотой и пониженным содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, за исключением их отдельных глинистых и ожелезненных горизонтов.

Крупнозернистые пески перекрыты стекольными средне- и мелкозернистыми (3,0–2,0 м). Последние



**Рис. 4. Геологический разрез Богдановского месторождения по линии III–III**  
Условные обозначения см. на рис. 1 и 2

слагают крупную линзу. На северном и северо-западном флангах месторождения, за профилями скважин 604–634 и 610–614, стекольные пески выклиниваются. По простиранию они замещаются крупнозернистыми песками, а вверх по разрезу – глинистыми алевритами (до 4 м). На восточном фланге месторождения распространение стекольных песков ограничено глубокими врезами четвертичных образований, развитых по долине реки Еманча. Мощность полезной толщи на северном фланге месторождения достигает 8 м. Среди стекольных песков отмечаются горизонты слабоглинистых разностей, тонкие прослои огнеупорных глин (до 2 см), редкие глинистые включения. К югу и юго-западу мощность полезной толщи возрастает до 20 м, но ее строение усложняется. Здесь отмечаются горизонты глинистых песков (до 4 м) и линзы запесоченных глин (до 20 см).

Аптские отложения на месторождении повсеместно перекрыты породами четвертичной системы, характеризующимися сложным строением. Внизу залегает коричнево-бурая супесь (до 2,5 м). Она сложена средне-мелкозернистым песчаным и глинистым до суглинка материалом, содержащим обломки (до 8 см) магматических пород и песчаников. Выше развиты тяжелые темно-коричневые до желто-коричневых и серых суглинки с обломками кристаллических пород, песчаников, кремней, гравийными зернами кварца, линзами серых глин и суглинков.

В южной части месторождения суглинки коричневые, до серо-коричневых, пятнистые за счет окислов железа, обогащенные стяжениями карбонатов размером до 2 см. В верхней части четвертичных образований залегают светло-коричневые легкие суглинки, со стяжениями карбонатов. Среди суглинков отмечается слой средне-мелкозернистых железненных глинистых, местами до супеси песков мощностью от 0,8 до 3 м.

Полезная толща стекольных песков и перекрывающие их породы четвертичной системы не обводнены. Уровень подземных вод, представленных аптским водоносным горизонтом, залегает ниже подошвы полезного ископаемого и на разработку песков влияния не оказывает. Исключение составляет крайняя северо-восточная часть месторождения, где стекольные пески в нижней части обводнены. Предполагается, что залегающие ниже уровня подземных вод пески отрабатываться не будут. Абсолютная отметка залегания аптского водоносного горизонта 109,5–110 м. Водупором являются глины барремского яруса меловой системы. Воды безнапорные и могут использоваться для технического водоснабжения.

Основными параметрами стекольных песков являются их высокая степень сортировки с преобладанием фракций 0,8–0,1 мм, что обуславливает высокое качество их проваривания, и низкие содержания красящих окислов ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ), а также оксида алюминия, сосредоточенного преимущественно в глинистой примеси.

Формирование хорошо сортированных средних и мелкозернистых песков на аллювиальной равнине аптского времени происходило преимущественно в

прирусловых отмелях и береговых валах [6]. При этом образовались вытянутые вдоль русла линзовидные тела длиной в сотни метров, имеющие форму уплощенных линз. В отличие от русловых отложений, для которых перемещение материала происходило способами волочения и сальтирования, в прирусловых отмелях и, возможно, береговых валах, песчаные частицы выпадали из взвесей, что значительно увеличивало сортировку. Ее коэффициент для стекольных песков Богдановского месторождения по [7] составляет 1, в то время как для русловых 0,4. Как показано, стекольные пески могут находиться в разных частях разреза аллювиальной толщи.

Важным параметром стекольных песков является содержание железа на глинистых частицах, в железистых рубашках по зернам кварца, в минералах тяжелой фракции (ильменит, магнетит в виде включений этих минералов в зернах кварца). Первоначально, при седиментации и диагенезе в субаэральных и субаквальных континентальных условиях, железо обычно находится в малоподвижной трехвалентной форме и лишь в озерно-болотных фациях переходит в двухвалентную форму. Оно связывается в глинах в пирит или выносится из нелитифицированного осадка инфильтрационными и подземными водами, тем самым «облагораживая» его. Восстановительно-кислые воды (проточный диагенез по [8]) могли переводить железо из трехвалентной в двухвалентную формы и выносить его из песков. Этим объясняется наличие прослоев чистых стекольных песков в аптской толще, обычно перекрытой альбскими и верхнемеловыми песками.

Анализ геологического строения Богдановского месторождения (см. рис. 3, 4) показывает, что непосредственно на аптских отложениях залегают моренные образования. Большая часть толщи ранее представляла, по всей вероятности, водоносный горизонт, водупором для которого служили барремские глины. Основная часть аптских песков, включая грубозернистые основания, содержит пониженные количества железа. Это можно объяснить воздействием в межледниковые эпохи (таежные условия) инфильтрационных восстановительно-кислых подземных вод по аналогии с такими процессами для юрских и нижнемеловых песков Центрального района России [9, 10]. Это привело к выносу железа и облагораживанию песков, переводя их в категорию стекольных. Выше кровли подземных вод, в зоне аэрации, трехвалентное железо не растворялось и не выносилось (ожелезненные мелкозернистые пески).

В случае перекрытия мореной альб-сеноманских глауконит-кварцевых песков возможно разрушение глауконита восстановительно-кислыми водами и вынос железа. Следует отметить, что морские альб-сеноманские образования по сравнению с аптскими более выдержаны по гранулометрическому составу и поэтому могут содержать в случае их перекрытия мореной более крупные тела стекольных песков.

Таким образом, поиски кварцевых песков надо проводить в зонах развития прирусловых отмелей и там, где аптские, а в некоторых случаях и альб-сено-

манские отложения перекрываются четвертичными ледниковыми образованиями. Выделение прирусловых отмелей на фациальных картах, являющихся основой для прогноза, связано со значительными трудностями из-за переслаивания мелкозернистых песков с грубозернистыми и гравелистыми собственно русловых фаций. Поиски аптских стекольных песков необходимо сосредоточить в местах их перекрытия моренными образованиями.

## 2. Гранулометрический состав

Песок, используемый в производстве стекла, должен быть достаточно равномерным по зерновому составу. ГОСТ 22551 «Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности» [11] предусмотрено содержание зерен крупнее 0,8 мм в природном песке не более 5 %, обогащенном не более 0,5 %. Количество зерен мельче 0,1 мм в природном песке должно быть не более 15 %, в обогащенном – не более 5 %. На стекольных заводах требования к зерновому составу песков обычно более жесткие, поскольку основная масса зерен должна иметь размер от 0,1 до 0,4 мм.

Полный гранулометрический состав песков Богдановского месторождения изучен по 35 лабораторным и 2 технологическим пробам, а сокращенный – по всем пробам. По результатам полного гранулометрического анализа лабораторных и технологических проб зерновой состав песков соответствует требованиям ГОСТ 25551-77. Кроме того, преобладают частицы размером 0,4–0,1 мм, составляющие от 84 до 90,5 % (табл. 1).

Отдельные горизонты песков и участки месторождения по зерновому составу соответствуют даже требованиям, предъявляемым к обогащенным пескам. В других горизонтах толщи стекольных песков отмечается повышенное содержание частиц менее 0,1 мм. Обычно это связано с увеличением количества пылевой и глинистой составляющих.

Средний гранулометрический состав природных стекольных песков месторождения на полную мощность полезной толщи полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 22551-77 «Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности» (табл. 2). Этому же ГОСТу соответствует средневзвешенный зерновой состав (остаток на сите 0,8 и проход через 0,1) стекольных песков. Они являются мелкозернистыми и могут быть использованы для производства стекла в природном состоянии.

Таблица 1

Гранулометрический состав стекольных песков

№ п/п	№ пробы	Интервал, м		Мощность, м	Остаток на сите, %													Глинист.
					2,5	1,6	1,0	0,63	0,4	0,315	0,2	0,16	0,10	0,063	0,05	<0,05		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<b>Скважина 626</b>																		
1	62601	7,0	8,0	1,0	-	-	0,06	0,08	2,84	7,76	12,96	37,06	22,76	9,06	1,04	0,48	5,8	
2	62602	8,0	9,0	1,0	-	-	-	0,02	0,52	0,32	7,26	38,52	23,46	14,72	3,72	2,54	6,92	
3	62603	9,0	10,0	1,0	-	-	-	0,04	1,56	6,0	12,28	42,28	21,2	9,46	1,88	1,64	3,66	
4	62604	10,0	11,0	1,0	-	-	0,04	0,08	2,18	8,42	15,8	43,6	12,58	6,7	1,32	0,98	8,3	
5	62605	11,0	12,0	1,0	0,06	0,28	0,16	0,32	4,3	10,1	25,72	42,46	7,7	2,92	0,42	0,48	5,08	
6	62606	12,0	13,0	1,0	0,68	0,16	0,24	0,98	4,78	8,48	15,66	40,5	14,06	6,84	0,96	0,7	5,96	
7	62607	13,0	13,5	0,5	2,54	1,26	0,84	1,08	4,3	11,36	21,82	36,76	8,84	2,8	0,7	0,52	7,18	
<b>Скважина 635</b>																		
8	63503	7,8	9,0	1,2	-	-	0,02	0,06	0,34	1,34	4,08	56,38	28,36	5,12	0,62	0,4	3,28	
9	63504	9,0	10,0	1,0	-	0,1	3,62	12,12	11,84	6,68	9,46	39,04	10,9	2,84	0,52	0,36	2,52	
10	63505	10,0	11,0	1,0	-	-	0,92	7,74	19,86	18,88	19,28	24,24	4,76	1,2	0,24	0,2	2,68	
11	63506	11,0	12,0	1,0	-	-	0,1	0,6	1,82	3,8	10,74	54,0	16,72	5,36	0,66	0,32	5,88	
12	63507	12,0	13,0	1,0	-	-	0,02	0,22	5,48	18,26	29,24	36,54	4,46	1,52	0,28	0,22	3,76	
13	63508	13,0	13,8	0,8	0,06	-	0,02	0,12	2,1	10,86	32,92	46,42	3,62	1,16	0,28	0,16	2,28	
<b>Скважина 638</b>																		
14	63801	13,6	16,8	3,2	-	-	0,26	1,4	10,58	11,86	18,28	38,18	12,82	2,08	0,26	0,22	4,06	
15	63802	16,8	18,2	1,4	-	-	0,1	1,12	6,96	11,32	19,34	45,96	10,4	1,56	0,22	0,12	2,9	
16	63803	18,2	18,8	0,6	-	0,14	0,7	5,4	14,16	15,1	17,08	34,54	8,9	1,28	0,12	0,06	2,52	
17	63804	20,0	20,8	0,8	-	-	0,04	0,32	3,5	7,18	14,06	57,98	13,92	1,42	0,12	0,08	1,38	
18	63805	20,8	22,2	1,4	-	-	0,04	0,34	3,76	10,34	20,64	50,44	11,14	1,52	0,2	0,08	1,5	
19	63806	22,2	23,7	1,5	-	-	-	0,04	0,68	1,56	3,44	22,18	32,42	23,1	3,14	1,52	11,92	
20	63807	23,7	25,2	1,5	-	-	-	0,1	1,04	3,22	12,42	61,94	17,68	1,9	0,2	0,14	1,36	
21	63808	25,2	26,4	1,2	-	0,04	0,28	1,24	5,68	12,78	20,9	40,4	10,02	2,2	0,3	0,18	5,98	
22	63809	26,8	29,0	2,2	-	-	0,18	1,2	5,28	7,76	15,7	51,66	11,6	2,88	0,24	0,14	3,36	

Таблица 2

**Средний гранулометрический и химический состав стекольных песков  
на полную мощность полезной толщи**

№ п/п	№ скв.	Грансостав		Химический состав				Марка
		Ост. 0,8	Проход. 0,1	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	
1	602	4,08	4,78	97,65	1,65	0,19	0,14	ПС-250
2	609	1,24	2,37	98,55	0,69	0,16	0,11	ПС-250
3	635	2,78	3,20	98,68	0,71	0,08	0,13	Б-100-2
4	626	0,48	9,78	98,14	1,16	0,16	н.о.	ПС-250
5	638	0,56	1,40	98,77	0,38	0,26	н.о.	Т

При изучении природных и фракционированных песков из пород вскрыши месторождений огнеупорных глин были проведены гранулометрические анализы (табл. 3). Пески пробы 1 не могут быть использованы в качестве стекольных из-за гранулометрического состава, а кварцевый песок фракции 0,1–0,8 мм пробы 4, полученный на установке по гидроклассификации крупнозернистых песков карьера «Белый колодец», полностью отвечает по гранулометрическому составу обогащенному песку для производства стекла [11]. Кварцевый песок проб 6 и 7 из пород вскрыши по гранулометрии также соответствует этому ГОСТу и может быть использован при производстве стекла.

### 3. Минералогический состав

Минералогический состав аптских песков изучался многими исследователями [12–14]. В послед-

ней работе [14] рассматриваются минералы легкой и тяжелой фракций для пяти разновидностей песков. В легкой фракции преобладает кварц (от 88,2 до 99%), очень мало полевого шпата (от 0,5 до 8,0%), присутствует слюда (до 2%) и доли процента составляют обломки пород.

Выход тяжелой фракции в аптских песках колеблется от 0,1 до 1,94 %, средний 0,54 %. Она тяготеет к пескам размерностью 0,1–0,05 мм. Содержание рудных составляет от 30 до 70 %, а для прозрачных характерна турмалин-рутил-цирконовая и гранат-ставролит-дисленовая ассоциации.

Новые данные получены по минеральному составу легкой и тяжелой фракции Богдановского месторождения стекольных песков в технологической пробе 135. После рассева на фракции + 0,5 мм, – 0,5 + 0,25 мм, – 0,25 + 0,1 мм и менее 0,1 мм. Каждая из них

Таблица 3

**Гранулометрический анализ проб природных и фракционированных песков  
карьеров Латненского месторождений**

Класс крупности	Выход класса крупности, % масс			
	№№			
	1	4	6	7
+ 5,0				
- 5,0 + 3,0	4,58			
- 3,0 + 2,5	0,59			
- 2,5 + 2,0	3,17			
- 2,0 + 1,6	3,95			
- 1,6 + 1,25	5,15			
- 1,25 + 1,0	7,97	0,11		
- 1,0 + 0,8	3,62	0,05	2,11	0,85
- 0,8 + 0,63	4,97	0,37	1,48	0,74
- 0,63 + 0,4	23,23	23,41	9,86	4,44
- 0,4 + 3,15	8,47	18,01	0,23	0,11
- 3,15 + 0,2	18,24	40,14	27,23	20,88
- 0,2 + 0,16	0,31	8,59	12,74	16,34
- 0,16 + 0,1	12,30	8,31	33,68	42,72
- 0,1 + 0,063	2,38	0,88	10,96	12,06
- 0,63 + 0,05	0,41	0,13	1,13	0,88
- 0,05 – дно	0,66	-	0,58	0,98
ИТОГО	100	100	100	100

**Примечание:** проба 1 – природный (исходный) песок для гидроклассификации; 4 – фракционированный песок фракции 0,1–0,8; 6 – исходный песок, все из месторождения «Белый Колодец»; 7 – исходный песок из месторождения «Средний».

была проанализирована под микроскопом с подсчетом минералов линейным способом, за исключением такой оной менее 0,1 мм. В ней визуально отмечались только основные породообразующие минералы.

В легкой фракции преобладает кварц, составляющий 98,63 %, в единичных зернах отмечаются ильменит, сланец и сростки кварца с темноцветными минералами (табл. 4).

Если рассматривать минеральный состав по фракциям, то фракция +0,5 мм на 100 % состоит из кварца, -0,5+0,25 мм на 98,43 % процента представлена этим же минералом, в виде единичных зерен присутствуют ильменит и сланец. Во фракции -0,25+0,1 мм кварца 97,86 %, в единичных зернах отмечаются сростки кварца с темноцветными минералами, ильменит и сланец. Фракция -0,1 мм сложена теми же минералами, что и крупные фракции, где преобладает кварц. Вместе с тем во фракции -0,1 мм визуально отмечается снижение его содержания. В ней тяжелая фракция размерности песка менее 0,1 мм состоит преимущественно из ожелез-ненного кварца - 75 % объема и, в меньшей степени, из ильменита и циркона, составляющих соответственно 14,66 и 7,56 % от объема тяжелой фракции (табл. 5). В качестве единичных зерен отмечаются топаз, турмалин, амфибол, а во фракции -0,1 мм встречаются единичные зерна шпинели, барита и граната.

Минеральный анализ тяжелой фракции после гидроклассификации (табл. 6) показывает, что резко преобладающим минералом в ней является ильменит, количество которого может достигать почти 93 %. Максимальные содержания лейкоксона и циркона - 12, гидрогетита - 8, рутила и малакона - 1,5 %. Остальные минералы представлены в единичных зернах.

Следует отметить, что ильменит и циркон локализируются преимущественно во фракции -0,25+0,1 мм (43,68 и 15,26 % соответственно), где также возрастает содержание амфибола и турмалина - 3,16 и 1,58 % соответственно. В крупных фракциях (+0,5 мм) минералы тяжелой фракции отсутствуют.

#### 4. Химический состав песков

Полный химический состав песков Богдановского месторождения определяется по технологическим пробам, отобранным из расчисток № 1 и № 2 (табл. 7). Сокращенные анализы выполнены по всем 307 пробам, результаты по некоторым из которых приведены в табл. 8. Как видно из таблиц и гистограммы (рис. 5), содержание кремнезема колеблется от 95,34 до 99,34 %,  $Al_2O_3$  - 0,3 до 4 %. Повышенные количества последнего связаны с наличием глинистого материала.

Таблица 4

#### Минеральный состав легкой фракции

Фракция, мм	+0,5		-0,5+0,25		-0,25+0,1		Вся проба	
	n	V, %	n	V, %	n	V, %	n	V, %
Кварц	11	100	125	98,43	137	97,86	504	98,63
Сростки кварца с темноцветными минералами	-	-	-	-	Ед.	< 1	Ед.	< 1
Ильменит	-	-	Ед.	< 1	Ед.	< 1	3	< 1
Сланец	-	-	Ед.	< 1	Ед.	< 1	3	< 1
Всего	11	100	127	100	140	11	511	100

Таблица 5

#### Минеральный состав прозрачной части тяжелой фракции

Фракция, мм	+0,5		-0,5+0,25		-0,25+0,1		Вся проба	
	n	V, %	n	V, %	n	V, %	n	V, %
Кварц	-	-	167	90,76	69	36,32	486	75
Мусковит	-	-	2	1,09	-	-	5	< 1
Ильменит	-	-	5	2,72	83	43,68	95	14,66
Циркон	-	-	8	4,35	29	15,26	49	7,56
Топаз	-	-	1	<1	-	-	2	< 1
Турмалин	-	-	1	<1	3	1,58	5	< 1
Амфибол	-	-	-	-	6	3,16	6	< 1
Всего	-	-	184	100	190	100	648	100

Таблица 6

**Результаты минералогического анализа стекольных песков  
после гидроклассификации**

Минералы	%
Легкая фракция	99,026
*Кварц	98–98,5
Полевые шпаты	до 2 %
Минералы	%
Мусковит	ед. зерна
Тяжелая фракция	0,974
*Ильменит	от 68,8 до 92,85
Лейкоксен	от 3,3 до 12,0
Рутил	от 0,0 до 1,5
*Анализ	ед. зерна
Гидрогетит	от 2,3 до 8
Циркон	от 0,77 до 12,0
Малакон	от 0 до 1,5
Монацит	ед. зерна
Ставролит	от ед. зерна до 4
Гранат	от 0 до 2,1
Турмалин	ед. зерна
Эпидот	ед. зерна
Дистен	ед. зерна
Шпинель	ед. зерна

*\*Примечание:* процент минералов во фракции рассчитан в % от количества фракции. Ильменит является электромагнитным минералом, формула –  $(Fe, Mg) TiO_3$ , содержит  $Fe_2O_3$  в количестве до 15,4 %.

Количество основного загрязняющего оксида –  $Fe_2O_3$ , в природных песках обычно изменяется от 0,03 до 0,25 % (рис. 6) и в отдельных горизонтах достигает 0,5 %. Оно возрастает по мере снижения размерности зерен и увеличения глинистой примеси, которая является сорбентом. Кроме того, повышенные содержания оксида железа отмечаются в кровельной и подошвенной частях пласта, на контактах с перекрывающимися барремскими образованиями. Оксид титана (0,1–0,13 %) содержится (рис. 7) в установленных минералах тяжелой фракции. Количество щелочей и щелочноземельных элементов составляет сотые доли процентов.

Средневзвешенный состав песков полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 22551-77 [11]. Следует отметить достаточно высокие содержания кремнезема, количества которого по отдельным пересечениям на всю мощность залежи стекольных песков изменяется от 97,65 до 98,77%, в то время как  $Al_2O_3$  – от 0,38 до 1,65 %,

$Fe_2O_3$  – от 0,08 до 0,26 %. Усредненная марка песков по отдельным пересечениям изменяется от Б-100-2 до Т. Кроме того, подстилающие или фациально замещающие полезную толщу средне- и крупнозернистые пески, распространенные в северной части месторождения, отличаются повышенной чистотой, высокими содержаниями  $SiO_2$  (до 99,5 %) и низкими значениями  $Fe_2O_3$  (до 0,03 %). Анализ гистограмм его распределения (см. рис. 5) показывает, что основной максимум содержаний  $SiO_2$  приходится на интервал 99–98,5 %.

Таким образом, стекольные пески Богдановского месторождения в природном состоянии удовлетворяют требованиям ГОСТ 22551-77 «Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности». Они могут использоваться для производства силикат-глыбы, стекловолокна, консервной тары и бутылок из полубелого и зеленого стекла, изо-

Таблица 7

**Полный химический состав песков Богдановского месторождения**

№ пр.	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$TiO_2$	CaO	MgO	$Na_2O$	$K_2O$	$Li_2O$	ппп	Сумма
135	99,31	0,36	0,063	0,1	0,06	0,006	0,04	0,02	0,025	0,18	100,22
138	98,10	0,38	0,07	0,13	0,08	0,11	сл.	0,37	н.о	0,29	100,01

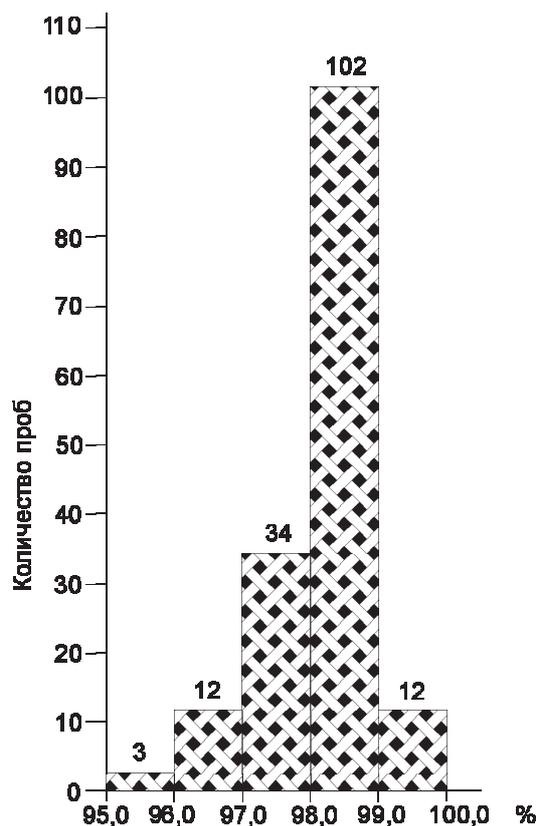


Рис. 5. Гистограмма содержаний SiO<sub>2</sub> в стекловых песках

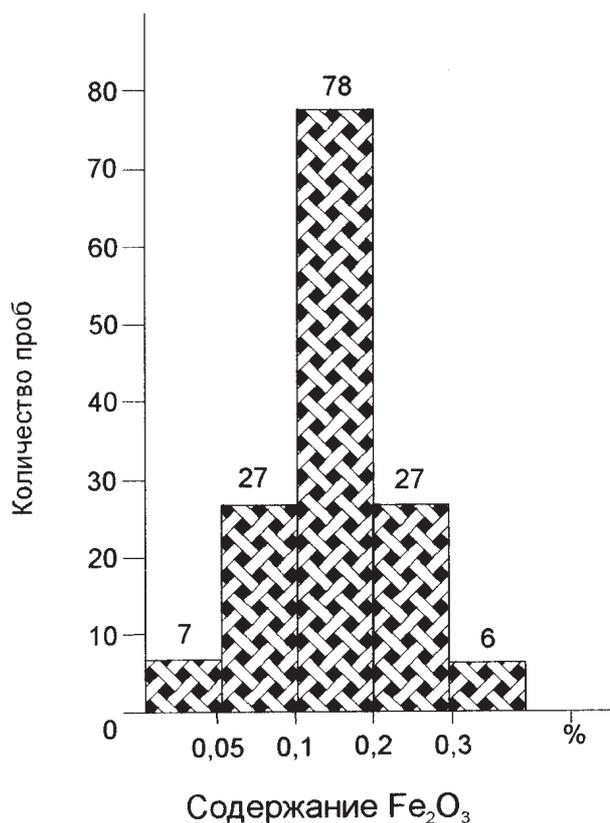


Рис. 6. Гистограмма содержаний Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в стекловых песках

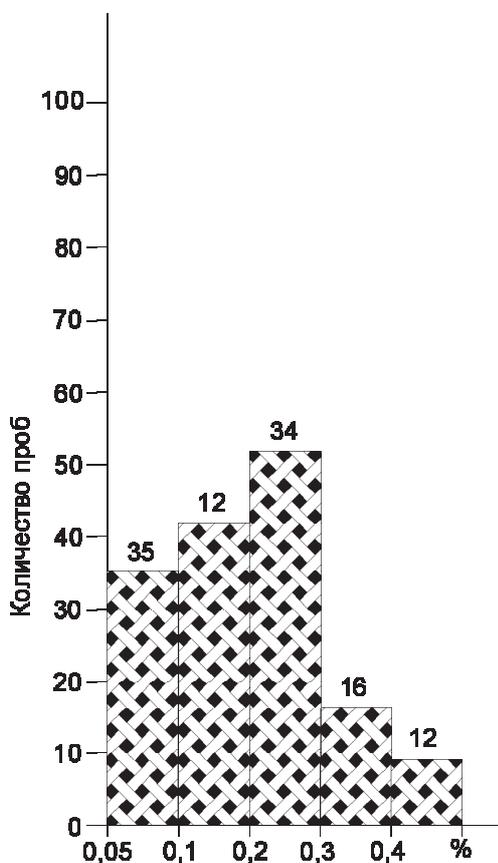


Рис. 7. Гистограмма содержаний TiO<sub>2</sub> в стекловых песках

ляторов, труб, аккумуляторных банок, для строительных целей и другого назначения. Отдельные горизонты и участки месторождения пригодны для производства оконного стекла. Для изготовления более высоких сортов стекловидной продукции требуется обогащение или селективная отработка месторождения.

Более качественное сырье можно получить при гидроклассификации песков этого месторождения (см. табл. 8). При этом во фракциях более 1 мм сосредоточено 85–90 % песка, а тяжелые минералы остаются во фракциях менее 0,2 мм. Содержания кремнезема стекловидной фракции составляет 99,4 %, а в некоторых случаях и больше, в то время как вредных примесей Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,4–0,5 %, а Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> менее 0,15 % (отмучивание глинистой фракции).

Сокращенный химический анализ основных компонентов песка из вскрышных пород Латненского месторождения огнеупорных глин показал (табл. 9), что по ГОСТ 22551 кварцевый песок 4 пробы относится к марке ВС-040-1, 6 – к Б-100-1, 7 – ВС-050-1. Пески проб 4 и 7 могут быть использованы для производства листового, оконного, технического, лабораторного, медицинского электроосветительного и парфюмерного стекла, стекловолокна для электротехники, силикатов натрия (катализаторов). Пески пробы 6 пригодны для производства силикат-глибы, стекловолокна для электротехники, оконного стекла, изоляторов, труб, консервной тары и бутылок полубелого стекла.

**Химический анализ и гранулометрический состав кварцевого песка  
Богдановского месторождения после промывки**

Дата	Наименование материала	Химический состав							Грансостав, %				
		Влага	ппп	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	2,5	1,0	500	315	-315
3.06.02	66922063	1,3	0,14	99,40	0,09	0,04	0,06	0,07	8,5	47,9	38,4	3,3	1,9
3.06.02	65571119	1,4	0,12	99,44	0,09	0,05	0,06	0,08	8,0	42,7	42,0	4,7	2,6
3.06.02	67005082	1,5	0,12	99,42	0,10	0,05	0,10	0,09	7,1	42,3	43,2	5,0	2,4
3.06.02	66428947	1,2	0,17	99,41	0,09	0,05	0,08	0,05	11,5	48,0	33,6	4,5	2,4
7.06.02	66648379	2,1	0,08	99,55	0,15	0,05	0,08	0,04	6,1	40,4	43,7	5,5	4,3
7.06.02	67484113	2,2	0,08	99,52	0,15	0,05	0,08	0,04	8,0	43,5	39,8	4,0	4,7
7.06.02	61554010	2,7	0,10	99,51	0,15	0,05	0,09	0,03	7,0	41,6	41,4	5,3	4,7
7.06.02	64110869	2,5	0,08	99,50	0,15	0,05	0,07	0,04	4,8	36,0	47,8	5,6	5,8
10.06.02	65213522	3,2	0,16	99,47	0,14	0,05	0,07	0,04	7,4	42,4	40,0	4,4	5,8
10.06.02	65441952	3,1	0,14	99,49	0,14	0,05	0,07	0,04	9,0	42,0	39,7	4,7	5,6
10.06.02	66998378	3,3	0,17	99,46	0,14	0,05	0,07	0,04	8,1	41,5	40,3	4,6	5,5
10.06.02	65178055	3,5	0,11	99,52	0,12	0,05	0,07	0,04	8,0	41,9	39,6	4,5	6,0
10.06.02	66673506	3,5	0,15	99,47	0,15	0,05	0,07	0,04	7,5	43,3	39,0	4,7	5,5
10.06.02	65040248	3,2	0,16	99,46	0,14	0,05	0,07	0,04	7,9	42,5	39,7	4,5	5,4
10.06.02	65461840	3,3	0,14	99,49	0,13	0,05	0,07	0,04	7,7	42,5	39,3	4,8	5,7
16.06.02	65924102	2,1	0,18	99,40	0,15	0,05	0,07	0,05	8,7	35,5	33,3	14,0	8,5
18.06.02	66029935	3,5	0,25	99,40	0,15	0,05	0,07	0,05	4,4	19,9	42,0	20,1	13,6
18.06.02	61332672	3,2	0,27	99,40	0,15	0,05	0,07	0,05	6,6	21,1	40,5	18,8	13,0
18.06.02	67860031	2,8	0,19	99,40	0,15	0,05	0,07	0,05	6,5	27,0	41,7	15,6	9,2
18.06.02	65260705	4,0	0,23	99,40	0,15	0,05	0,07	0,05	6,4	20,9	40,3	19,5	12,9
18.06.02	67630913	2,4	0,26	99,40	0,15	0,05	0,07	0,05	6,8	24,3	40,0	16,5	12,8
18.06.02	65594681	2,6	0,21	99,40	0,15	0,05	0,08	0,04	7,7	36,4	40,0	9,8	6,1
18.06.02	67835280	3,5	0,20	99,41	0,15	0,05	0,07	0,04	6,8	28,1	40,5	16,0	8,6
18.06.02	66341157	2,8	0,17	99,44	0,15	0,05	0,07	0,04	7,0	38,0	39,6	10,2	5,2
18.06.02	67752485	3,6	0,24	99,40	0,15	0,05	0,07	0,05	5,0	21,0	40,4	19,5	14,1
20.06.02	63737241	1,6	0,18	99,40	0,15	0,05	0,05	0,04	2,1	15,6	48,5	22,0	11,8
27.06.02	63820666	1,6	0,26	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	9,0	43,2	37,9	5,7	4,2
27.06.02	61116372	1,8	0,24	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	7,4	31,5	41,0	12,	7,8
27.06.02	64873128	1,4	0,25	99,40	0,15	0,05	0,07	0,04	12,1	40,7	35,4	5,4	4,4
27.06.02	64163231	2,0	0,24	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	6,2	24,4	41,7	16,8	10,9
	Сред. значения	2,6	0,17	99,4	0,14	0,05	0,07	0,05	7,2	35,8	40,3	9,6	7,0
	мин.	1,2	0,08	99,4	0,09	0,04	0,05	0,03	2,1	15,6	33,3	3,3	11,9
	макс.	4,0	0,27	99,55	0,15	0,05	0,1	0,09	12,1	48,0	48,5	22,0	14,1
1.07.02	67802983	1,2	0,17	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	10,3	38,3	40,2	6,4	4,8
1.07.02	67274613	1,8	0,20	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	7,1	25,9	42,5	14,7	9,8
1.07.02	61378709	1,2	0,19	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	10,2	41,6	37,4	6,5	4,3
1.07.02	65437410	1,7	0,18	99,40	0,15	0,05	0,06	0,05	10,0	41,2	38,5	6,3	4,0
1.07.02	67258517	2,0	0,16	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	6,5	40,8	29,5	14,0	9,2
1.07.02	66328774	1,0	0,17	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	13,1	43,9	34,7	5,1	3,2
1.07.02	67220806	1,3	0,19	99,40	0,15	0,05	0,06	0,05	5,2	35,1	43,2	13,6	2,9
1.07.02	65611709	0,8	0,21	99,40	0,15	0,05	0,06	0,05	9,4	36,7	38,0	8,7	7,2
1.07.02	65776957	0,9	0,20	99,40	0,15	0,05	0,06	0,05	11,0	45,5	33,0	6,1	4,4
1.07.02	65485623	1,0	0,21	99,40	0,15	0,05	0,06	0,05	5,3	32,2	39,7	13,9	8,9
1.07.02	66085084	1,5	0,17	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	6,8	27,3	41,0	14,6	10,3
1.07.02	67776856	2,3	0,15	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	4,8	23,3	42,2	17,3	12,4
1.07.02	658530012	2,2	0,16	99,40	0,15	0,05	0,06	0,04	4,9	26,7	42,8	15,5	10,1
1.07.02	61694014	1,6	0,20	99,40	0,15	0,05	0,06	0,05	5,5	26,0	42,1	16,1	10,3
1.07.02	66092560	1,5	0,18	99,40	0,15	0,05	0,06	0,05	4,4	20,0	41,9	20,5	13,2
3.07.02	63728181	1,7	0,25	99,40	0,15	0,04	0,08	0,07	6,1	25,7	41,3	16,9	10,0
3.07.02	61840542	1,5	0,22	99,40	0,15	0,04	0,08	0,08	8,1	35,0	40,4	10,1	6,4

Дата	Наименование материала	Химический состав							Грансостав, %				
		Влага	ппп	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	2.5	1.0	500	315	-315
3.07.02	65799116	2,5	0,24	99,40	0,15	0,04	0,08	0,08	5,9	26,3	41,5	16,8	9,5
8.07.02	61546044	0,5	0,16	99,40	0,15	0,05	0,11	0,09	9,5	37,8	38,1	9,0	5,6
8.07.02	66135336	0,4	0,13	99,40	0,15	0,05	0,10	0,10	10,6	40,7	38,1	6,2	4,4
8.07.02	624876640	0,5	0,15	99,40	0,15	0,05	0,10	0,09	13,2	43,1	34,4	5,0	4,3
8.07.02	608858321	1,1	0,14	99,40	0,15	0,05	0,11	0,09	10,4	41,7	36,8	6,4	4,7
9.07.02	66051384	1,6	0,20	99,40	0,15	0,04	0,08	0,03	5,9	25,1	41,7	17,6	9,7
9.07.02	65450900	1,4	0,18	99,40	0,15	0,04	0,07	0,04	8,3	25,6	40,6	15,0	10,5
9.07.02	66123910	1,7	0,16	99,40	0,15	0,04	0,08	0,04	4,6	27,5	40,6	21,1	6,2

Таблица 9

### Сокращенный химический анализ технологических проб из вскрышных пород Латненского месторождения

№ проб	Место взятия, участок	Характеристика песка	Содержание компонентов, %				
			SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ппп	Сумма
4	«Белый Колодец»	фракция 0,1–0,8	99,0	0,035	0,44	0,33	99,805
6	-«-	природный	98,6	0,098	0,53	0,33	99,558
7	«Средний»	-«-	99	0,048	0,42	0,22	99,688

### 5. Анализ обогатимости стекольных песков

Основными примесями, загрязняющими стекольные пески, являются: 1 – глинистые частицы или примазки глин на поверхности зерен кварца; 2 – отдельные рудные и нерудные минералы тяжелой фракции с удельным весом более 2,9 г/см<sup>3</sup>; 3 – пленка гидроксида железа, покрывающая зерна кварца. Основными примесями, окрашивающими стекло, являются оксиды железа и титана.

Анализ обогатимости песков из вскрышных пород проводился в соответствии с методикой, по которой навески рабочей фракции песков (–0,8 мм) подвергались трем последовательным операциям: отмучиванию глинистой составляющей, отделению тяжелой фракции (> 2,9 г/см<sup>3</sup>), проводимому путем осаждения в бромформе, и удалению пленки гидроксидов железа, пок-

рывающих зерна кварцевого песка, щавелевой кислотой. Каждая из удаляемых примесей содержит оксиды железа, определяемые химическим анализом, их количество устанавливается взвешиванием пробы до и после операций по удалению Fe.

Все это дает представление о вещественном составе песка и «пределе» его обогатимости механическими методами без разрушения зерен кварца. Неудаленный остаток Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, содержащийся в песке после проведения операций по удалению трех групп примесей, связан большей частью с включениями минералов-железоносителей в зерне кварца, наличием полевых шпатов, слюды и других алюмосиликатов, а также железистыми образованиями, связанными с кремнеземом в виде твердых растворов, которые не удаляются по данной методике. Результаты исследований обогатимости представлены в таблицах 10 и 11.

Таблица 10

### Результаты исследований обогатимости песков

№ пробы	Наименование операций	Продукты	Выход, %	Содержание Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Извлечение Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
4	Промывка по классу 0,063	Конц. после промывки	99,90	0,035	99,90
		Шламы (глинистая фр-я)	0,10	0,04	0,10
		Исходный песок (0,1–0,8 мм)	100,00	0,035	100,00
	Отделение тяжелой фракции, уд. вес > 2,9	Легкая фракция	99,64	0,021	59,78
		Тяжелая фракция	0,36	3,91	40,22
		Концентрат после промывки	100,0	0,035	100,00
	Обработка в щавелевой кислоте	Концентрат	99,83	0,011	52,29
Пленка		0,17	5,89	47,71	
6	Промывка по классу 0,063	Легкая фракция	100,0	0,021	100,0
		Концентрат после промывки	98,81	0,068	68,56
		Шламы (глинистая фракция)	1,19	2,59	31,44
		Исходный песок (участок «Белый Колодец»)	98,81	0,068	68,56

№ пробы	Наименование операций	Продукты	Выход, %	Содержание Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Извлечение Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6	Отделение тяжелой фракции, уд. вес > 2,9	Легкая фракция	99,56	0,052	76,13
		Тяжелая фракция	0,44	3,69	23,87
		Концентрат после промывки	100,0	0,068	100,00
	Обработка в щавелевой кислоте	Концентрат	99,23	0,017	32,44
		Пленка	0,77	4,56	67,56
		Легкая фракция	100,00	0,052	100,00
7	Промывка по классу 0,063	Концентрат после промывки	98,96	0,046	94,84
		Шламы (глинистая фракция)	1,04	0,24	5,16
		Исходный песок (участок Средний)	100,00	0,048	100,00
	Отделение тяжелой фракции, уд. вес > 2,9	Легкая фракция	99,64	0,040	86,64
		Тяжелая фракция	0,36	1,71	13,36
		Концентрат после промывки	100,00	0,046	100,00
	Обработка в щавелевой. кислоте	Концентрат	99,23	0,015	37,21
		Пленка	0,77	3,26	62,79
		Легкая фракция	100,00	0,040	100,00

Таблица 11

### Распределение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по группам примесей

№ пробы	Продукты	Выход, % от исходного содержания	Содержание Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % к исходному	Извлечение Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % к исходному
4	Шламы	0,10	0,04	0,10
	Тяжелая фракция	0,36	3,91	40,18
	Пленка	0,17	5,89	28,49
	Концентрат	99,37	0,011	31,23
	Исходный песок (фр. 0,1–0,8 мм)	10,00	0,035	100,00
6	Шламы	1,19	2,59	31,44
	Тяжелая фракция	0,44	3,69	16,37
	Пленка	0,77	4,56	35,26
	Концентрат	97,60	0,017	16,93
	Исходный песок (Белый Колодец)	10,00	0,098	100,00
7	Шламы	1,04	0,24	5,16
	Тяжелая фракция	0,36	1,71	12,67
	Пленка	0,77	3,26	51,59
	Концентрат	97,83	0,015	30,58
	Исходный песок (участок Средний)	100,0	0,048	100,00

Из этих таблиц следует, что кварцевый песок Воронежского рудоуправления загрязнен всеми видами основных примесей. В пробе 4 это тяжелые минералы и пленка гидроокислов железа, с удалением которых извлекается 40,18 и 28,49 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В кварцевом песке пробы 6 основными загрязняющими примесями являются пленка гидроокислов железа и глинистая составляющая, с удалением которых уходит 35,25 и 31,44 % оксидов железа соответственно. В кварцевом песке пробы 7 основными загрязняющими примесями являются пленка гидроокислов железа и тяжелая фракция, с удалением которых извлекается 51,59 и 12,67 % оксидов железа соответственно. «Неудаляемый» остаток

в пробах относительно оксида железа составляет от 16,93 до 31,23 %.

Таким образом, из таблицы 11 следует, что при правильном выборе технологии обогащения и соответственно технологического оборудования возможно получение кварцевых концентратов марок ОВС-015-1 и ОВС-020-В, пригодных для производства ультрафиолетового стекла ручной выработки и выдувных изделий механизированной выработки, художественных изделий, особо чистых силикатов натрия (катализаторов). В технологическом процессе обогащения стекольных песков необходимо уделить внимание процессам оттирки и удаления тяжелых минералов.

Более полные опыты по обогащению стекольных песков проведены для Богдановского месторождения. Оно рассматривается в качестве сырьевой базы для проектируемого в пос. Стрелица стекольного завода, по выпуску стеклотары в г. Воронеже, а также прочих предприятий стекольной промышленности.

В природном виде по химическому составу кварцевые пески соответствуют маркам С-070; ПБ-150; ПС-250 и Т по ГОСТ 22551-77 [11]. Техническим заданием предусматривается производство и реализация обогащенных песков марок ВС-050-1 до 100 тыс. т., обогащенных песков марок ПБ-150-1 и ПС-250 в объеме 100 тыс. т.

С целью выбора оптимальных методов и режимов обогащения кварцевого песка для разработки рекомендаций использования в промышленных условиях были проведены лабораторные опыты по оттирке, гравитационному разделению, электромагнитной сепарации, а также комбинированные методы обогащения исходного песка. Испытания проведены в ВНИПИИСтромсырье (г. Москва), по технологической пробе № 135 весом 50 кг, отобранной из расчистки № 1 и в НИИ стекла (г. Гусь Хрустальный) по технологической пробе № 138, весом 10 кг, взятой в расчистке № 2.

В НИИС была проведена отмывка и магнитная сепарация песков. После отмывки содержание  $Fe_2O_3$  снизилось с 0,07 до 0,059 % (относительное снижение 15,71 %),  $Al_2O_3$  с 0,86 до 0,47 % (относительное сни-

жение 45,35 %) (табл. 12). После промывки и магнитной сепарации содержание  $Fe_2O_3$  снизилось от 0,059 до 0,054 % (дополнительно на 8,47 %) и марка песка повысилась до ВС-050-1.

В ВНИПИИСтромсырье было проведено гравитационное обогащение песков на винтовом шлюзе ШВ-350. В песках пробы № 135 до 55,18 % железа связано со вторичными минеральными образованиями (пленки) на поверхности кварцевых частиц. Для удаления таких загрязнений использовали способ оттирки, путем интенсивного перемешивания плотной пульпы (50 % твердого) с последующей промывкой и обесшламливанием по классу 0,063 мм. Этот способ обогащения оказался достаточно эффективным, поскольку содержание  $Fe_2O_3$  снизилось до 0,028 % по сравнению с исходным 0,063 % (табл. 13). Марка песка при этом оказалась ОВС-030-1. Дополнительная оттирка гравитационного концентрата уменьшила количество железа с 0,028 до 0,023 %, а марка песка повысилась до ОВС-025-1.

Проведены опыты по электромагнитной сепарации песков на лабораторном электромагнитном сепараторе СЭМ-1 с верхней подачей материала, при напряженности магнитного поля 16 тыс. эрстед и выполнена двукратная магнитная сепарация сухих кварцевых продуктов после различных видов технологической обработки (табл. 14). Магнитная сепарация концентрата после оттирки гравитационного концентрата позволяет получить кварцевый концентрат марки ОВС-020-В.

Таблица 12

**Обогащаемость стекольных песков (пробы № 138)**

Содержание $Fe_2O_3$ , %					Содержание $Al_2O_3$ , %		
Исходное	После промывки	Относительное уменьшение, %	После отмывки и магнитной сепарации	Относительное уменьшение, %	Исходное	После отмывки	Относительное уменьшение, %
0,07	0,059	15,71	0,054	8,47	0,86	0,47	45,35

Таблица 13

**Результаты опытов по оттирке стекольных песков (пр. 135)**

Показатель	Природный песок			Гравитационный концентрат		
	Исходный	Пленка	Концентрат	Исходный	Пленка	Концентрат
Выход, %	100,0	1,51	98,49	100,0	0,61	99,39
Сод. $Fe_2O_3$ , %	0,063	2,35	0,028	0,028	0,84	0,023
Извлечение $Fe_2O_3$ , %	100,0	56,23	43,77	100,0	18,36	81,64

## Электромагнитная сепарация стекольных песков (пр. 135)

Показатель	Исходный продукт	Магнитная фракция	Немагнитная фракция
1	2	3	4
Природный песок			
Выход, %	100,0	0,41	99,59
Содержание $Fe_2O_3$ , %	0,063	5,65	0,04
Извлечение, $Fe_2O_3$ , %	100,0	36,77	63,23
Концентрат после промывки			
Выход, %	100,0	0,43	99,57
Содержание $Fe_2O_3$ , %	0,049	3,06	0,036
Извлечение $Fe_2O_3$ , %	100,0	26,85	73,15
Концентрат после оттирки			
Выход, %	100,0	0,40	99,60
Содержание $Fe_2O_3$ , %	0,028	1,77	0,021
Извлечение, $Fe_2O_3$ , %	100,0	25,30	74,40
Гравитационный концентрат			
Выход, %	100,0	0,21	99,79
Содержание $Fe_2O_3$ , %	0,028	0,03	0,028
Извлечение $Fe_2O_3$ , %	100,0	0,21	99,79
Концентрат после оттирки гравитационного концентрата			
Выход, %	100,0	0,20	99,80
Содержание $Fe_2O_3$ , %	0,023	1,52	0,020
Извлечение $Fe_2O_3$ , %	100,0	13,22	86,78

Для обогащения стекольных песков в ФГУП «ВНИПИИСтромсырье» рекомендуется гравитационно-оттирочная схема обогащения стекольных песков

Богдановского месторождения (рис. 8). Марка песка, полученного по данной технологии, – ОВС-025-1 (табл. 15).

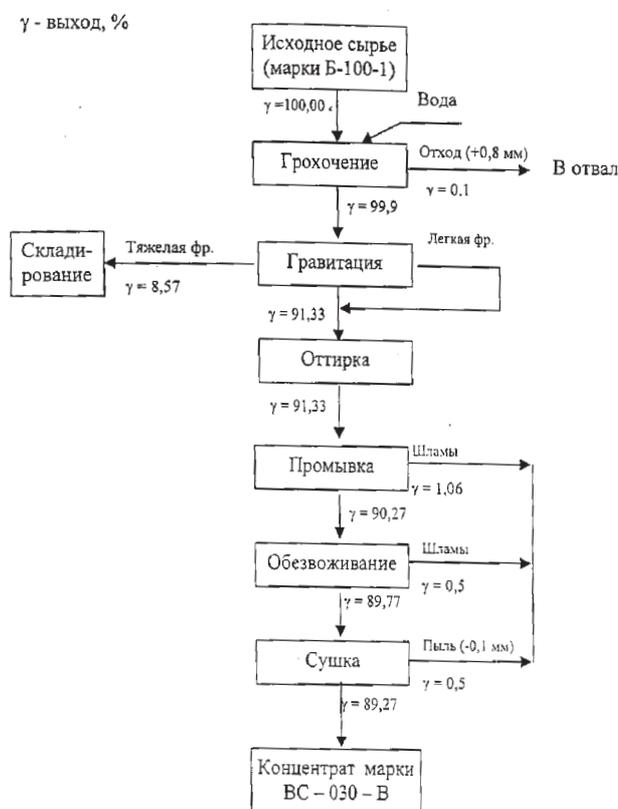


Рис. 8. Технологическая схема обогащения кварцевого песка пробы М-134 ОАО «Воронежское рудоуправление»

## Химический состав песка после обогащения

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	ппп	Сумма
99,50	0,25	0,023	0,04	0,01	0,03	0,06	0,02	-	0,2	100,13

Таким образом, технологические опыты, проведенные по обогащению стекольных песков, позволили удалить вредные железистые и глинистые примеси, а также получить сырье, годное для производства высококачественной продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савко, А.Д. Эпохи корообразования в истории Воронежской антеклизы / А.Д. Савко. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1979. – 120 с.
2. Зубков, Л.Б. Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых / Л.Б. Зубков, Л.З. Быховский. – М. – 56 с.
3. Орлов, В.П. О стратегических видах минерального сырья России / В.П. Орлов // Минеральные ресурсы России. – 1995. – № 4. – С. 4–5.
4. Цехомский, А.М. Кварцевые пески, песчаники, кварциты СССР / А.М. Цехомский, Д.И. Карстенс. – Л. : Недра, 1982. – 158 с.
5. Михин, В.П. Некоторые особенности состава обломков аптских отложений Латненского месторождения огнеупорных глин / В.П. Михин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 2000. – Вып. 5 (10). – С. 219–220.
6. Савко, А.Д. Литология аптских отложений междуречья Дон-Ведуга-Девица / А.Д. Савко, В.П. Михин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 2000. – Вып. 3 (9). – С. 56–68.
7. Trask, P.D. Origin and Environment of source sediments of petroleum. Houston. Texas / P.D. Trask // Julf Publishing Company. – 1932. – 281 p.
8. Бушинский, Г.И. О выветривании, промывном гидролизе и проточном диагенезе / Г.И. Бушинский // Литология и полезные ископаемые. – 1977. – № 6. – С. 32–43.
9. Станкевич, И.Г. Люберецкие стекольные пески / И.Г. Станкевич // Разведка недр. – 1938. – № 1. – С. 23–29.
10. Холмовой, Г.В. Неоген – четвертичный аллювий и полезные ископаемые Верхнего Дона / Г.В. Холмовой. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1993. – 247 с.
11. ГОСТ 22551-77. Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Технические условия. – М., 1977. – 11 с.
12. Хожайнов, Н.П. Литология терригенных толщ палеозоя и мезозоя Воронежской антеклизы и проблемы их рудоносности : дис. ... д-ра геол.-мин. наук / Н.П. Хожайнов. – Воронеж, 1972. – 662 с.
13. Савко, А.Д. Литология и фации донеогеновых отложений Воронежской антеклизы / А.Д. Савко, С.В. Мануковский, А.И. Мизин и др. // Тр. НИИ геологии ВГУ. – Вып. 3. – Воронеж, 2001. – 201 с.
14. Кора, И.М. Песчаные породы вскрыши и возможности их использования на Латненском, Лебединском и Стойленском месторождениях / И.М. Кора, А.Д. Савко // Тр. НИИ геологии ВГУ. – Вып. 14. – Воронеж, 2003. – 94 с.

УДК 552,52 (470.324)

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕНТОНИТОВ ПАЛЕОЦЕНА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

В.В. Горюшкин

Воронежское рудоуправление

Подробно рассмотрены термические свойства палеоценовых бентонитов. Научно обоснована температура обработки, позволяющая сохранять полезные свойства. Уточнен минеральный состав и доказано, что бентонит сложен железистой разновидностью монтмориллонита. С этим связана его низкая термоустойчивость. Разработаны способы активации глин, повышающие их полезные свойства.

### 1. Термические свойства

Для использования бентонитов в промышленности они обычно подвергаются переработке. Чаще всего это сушка, измельчение и различные способы активации. Важной характеристикой бентонита при промышленном использовании является способность сохранять природные свойства кристаллической ре-

шетки при повышении температуры. Известно, что с нагреванием монтмориллонит теряет воду, но при различных температурах этот процесс протекает по-разному. Анализ данных по дегидратации бентонитов различных месторождений РФ показывает, что этот процесс существенно зависит от минералогических особенностей бентонита, обусловленных особенностями его формирования.