

## МИНЕРАГЕНИЯ АПТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ. Статья 2. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ПЕСЧАНЫХ ПОРОД

А. Д. Савко, А. В. Крайнов, Д. Н. Давыдов, В. Ю. Ратников

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 14 января 2012 г.

**Аннотация.** Проведенные исследования аптских отложений позволили выделить на площади Воронежской антеклизы континентальную, прибрежно-морскую (лагунно-морскую), мелководно-морскую группы фаций, с которыми связаны различные полезные ископаемые. В настоящей статье показано, что к песчаным образованиям тяготеют цирконий-титановые россыпи, стекольные, формовочные, строительные пески, кварцитовидные песчаники. Установлено, что формирование месторождений в песчаных отложениях происходит не только на стадии седиментогенеза, но и при эпигенетических процессах.

**Ключевые слова:** глинисто-песчаные отложения, фациальные обстановки, апт, циркон-титановые россыпи, стекольные, формовочные пески.

**Abstract.** The conducted researches of aptian deposits have allowed to allocate for the areas of the Voronezh anteklize the continental, coast-sea (lagoon-sea), shallow-sea groups of facies which are connected with mineral resources. This article shows that the zircon-titanic placers, glass, forming, building sand are connected with sandy formations, quartz sandstones. It is established that formation of the deposits connected with sandy rocks occurs not only at a sedimentogenesis stages, but also at epigenesis processes.

**Key words:** clay-sandy deposits, facial conditions, aptian, zircon-titanic placers, glass, forming sand

### Введение

Аптские глинисто-песчаные отложения развиты почти на всей территории антеклизы. Глинистые породы апта и связанные с ними полезные ископаемые охарактеризованы в работе [1]. Большинство же разрезов апта сложено только кварцевыми песками. Это могут быть целиком песчано-гравийные образования, разнозернистые (от крупно- до тонкозернистых), крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистые пески. Соотношение различных по зернистости песков может меняться от разреза к разрезу. Однако в целом отмечается тенденция к уменьшению размера зёрен снизу вверх, когда песчано-гравийные отложения прибрежных фаций сменяются средне- и мелкозернистыми песками прирусловых отмелей и валов, на которых залегают пойменные и старичные отложения мелко-тонкозернистых песков, алевритов и глин с горизонтальной и близкой к ней слоистостью.

В верхних частях разрезов нередко углистые глины и лигниты, свидетельствующие о заиливании и заполнении углисто-глинистым материалом озёр и превращении их в болота. Углистый материал в виде обломков углефицированной древесины-

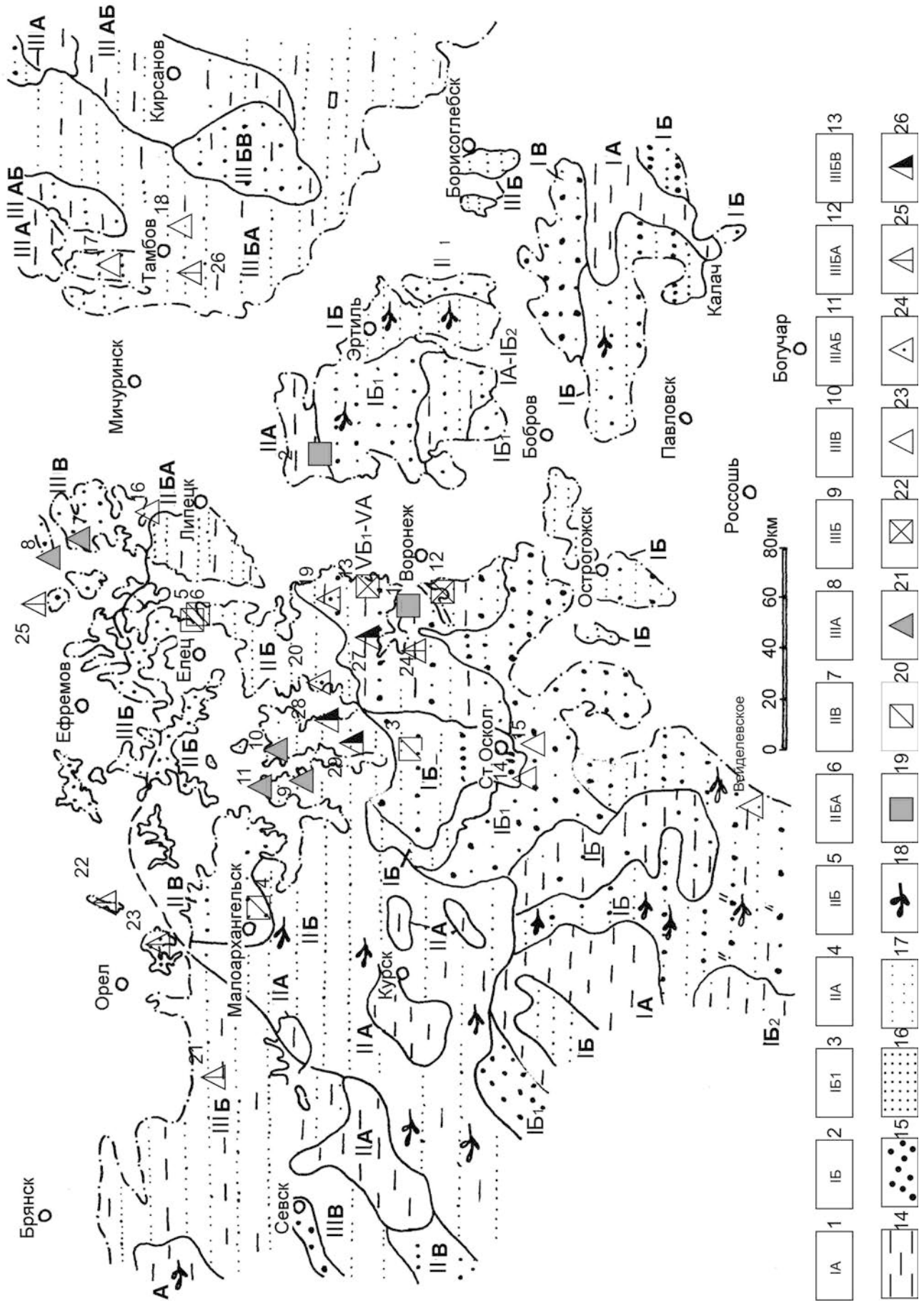
ны и углефицированных растительных остатков встречается по всему разрезу. Особенно его много в глинистых толщах, где встречаются стволы деревьев длиной 5–7 м и диаметром 20–30 см. Нередко в пойменных и старичных отложениях на разных уровнях отмечаются русловые врезы, выполненные более грубым материалом прибрежных фаций, а также прирусловых отмелей. Пойменные отложения часто представлены пастиловидными песками и алевритами с тонким чередованием разноокрашенных слоёв в белый, серый, малиновый, буроватый, красный, чёрный цвета.

С фациями песчаных пород могут быть связаны различные полезные ископаемые. Они были охарактеризованы ранее в работе [2] для территории междуречья Дон–Ведуга–Девича. В настоящей статье рассматриваются такие полезные ископаемые на всей площади распространения аптских отложений региона.

### Постановка задачи

На фациальной карте аптского времени (рис. 1) среди континентальных фаций выделены русловые озерно-болотные, пойменные отложения. Русловые фации отдельно, а нередко с пойменными, тяготеют преимущественно к самой южной части территории. Так, в Белгородской области имеются рука-

© Савко А. Д., Крайнов А. В., Давыдов Д. Н., Ратников В. Ю., 2012



**Рис. 1.** Фациальная карта аптского времени. Фациальные обстановки: 1–3 – континентальные: 1 – озерно-болотная, 2 – аллювиальная нерасчлененная, 3 – аллювиальная русловая; 4–7 – прибрежно-морские, с активностью гидродинамических режимов: 4 – слабой, 5 – средней; 6 – средней и слабой, с преобладанием средней, 7 – высокой; 8–13 – мелководно-морские, с активностью гидродинамических режимов: 8 – слабой, 9 – средней, 10 – высокой, 11 – слабой и средней, с преобладанием слабой, 12 – средней и слабой, с преобладанием средней, 13 – средней и высокой, с преобладанием средней. Породы: 14 – глины, 15 – пески крупно-, грубозернистые, 16 – пески от тонко- до среднезернистых, 17 – алевриты, 18 – углефицированные растительные остатки. Полезные ископаемые: 19 – огнеупорные глины, 20 – тугоплавкие глины, 21 – циркон-титановые россыпи; 22–25 – пески: 22 – стекольные, 23 – формовочные, 24 – цветные, 25 – строительные; 26 – кварцитовые песчаники. Месторождения и россыпи: Огнеупорные глины: 1 – Латненское, 2 – Криушанское; тугоплавкие глины: 3 – Большекарповское, 4 – Малоархангельское, 5 – Лукошкинское, 6 – Чибисовское; россыпи: 7 – Волчинская, 8 – Ягодинская, 9 – Захаровская, 10 – Дубовецкая, 11 – Норовская; стекольные пески: 12 – Богдановское; 13 – Русско-Гвоздевское; формовочные пески: 14 – Лебединское, 15 – Стойленское, 16 – Липецкое, 17 – Полковское, 18 – Тамбовское; пески цветные: 19 – Фомино-Негачевское, 20 – Васильевское; пески строительные: 21 – Орловское, 22 – Свердловское, 23 – Казначеевское, 24 – Хохольское, 25 – Лев-Толстовское, 26 – Лушковское; кварцитовые песчаники: 27 – Латненское, 28 – Тербунское, 29 – Знаменское

вообразные удлиненные участки, сложенные ржаво-бурыми гравийными разнозернистыми песками с косою диагонально-направленной слоистостью. Но чаще в одном разрезе русловые фации соседствуют с пойменными. На востоке и юго-востоке Воронежской области обычно развиты тонкозернистые пески и алевриты с углефицированными растительными остатками, залегающие на крупнозернистых гравелистых песках, мощность которых сильно варьирует, из-за чего соотношение крупнозернистых и тонкозернистых песков в разрезе резко меняется. Отмечаются площади, где русловые пески полностью слагают разрез. Они могут быть расположены рядом с полями развития озерно-болотных фаций.

К северу от поля развития континентальных отложений расположена обширная прибрежно-морская зона (III), сложенная преимущественно песчаными отложениями, среди которых отмечаются небольшие линзы глин гидрослюдисто-каолинитового состава. Наибольшую площадь в этой зоне занимают мелкозернистые, тонко-мелкозернистые пески, реже алевриты. Пески слабо слюдястые, в различной степени глинистые, содержат незначительную примесь глауконита, сидерит, углефицированные растительные остатки, количество которых уменьшается с юга на север. Эти пески формировались в условиях умеренного гидродинамического режима (III Б). В застойных участках (III А) образовались песчаные, алевритистые слабо слюдястые глины или алевриты, содержащие углефицированные растительные остатки. Возможно, это образования опресненных лагун, формирующихся перед фронтом трансгрессирующего моря. В отдельных скважинах разрезы представлены тонким переслаиванием алевритов и глин, определенным условиями перемен-

ной гидродинамической активности морского бассейна.

В полосе г. Малоархангельск–Ливны–Елец, севернее поля мелкозернистых песков, развиты разнозернистые кварцевые пески с редкими зернами глауконита и углефицированными растительными остатками. В составе песков преобладают крупно- и грубозернистые фракции с подчиненным количеством мелкозернистой и глинистой фракций. Формирование пород происходило в условиях повышенной гидродинамической активности (зона III В). Мощности песков колеблются от 13 до 17 м, в случае размыва они значительно меньше.

Севернее широты Липецка в мелководно-морской зоне формировались пески с изменчивым гранулометрическим составом, как по разрезу, так и площади. Для них характерна разнонаправленная мульдобразная и пачечная косою слоистость. Пески отличаются хорошей сортировкой кварцевых зерен и повышенным содержанием тяжелых минералов. В ряде обнажений в песках преобладают косые серии с одним и тем же направлением вытянутых косых слойков в разные стороны, а также с мелкой мульдобразной и «пучковидной» слоистостью, часто усложняющей слоевые поверхности в песках с первыми двумя типами слоистости. Именно для песков с мелкой мульдобразной слоистостью характерно высокое содержание тяжелых минералов (Волчинская россыпь), которые сосредоточены преимущественно во фракции 0,25–0,1 мм. Участки с повышенным содержанием тяжелых минералов в одних случаях разбросаны в плане глинистыми песками, в других – песками с высокими содержаниями фракций крупнее 0,25 мм. Россыпи с содержаниями цирконий-титановых минералов более 10 кг/м<sup>3</sup> залегают в виде вытянутых линзовидных тел шириной от 0,5 до 3 км и

протяженностью от 1 до 3 км. Общая ширина полосы распространения рудоносного пласта, в пределах которой встречены линзы с концентрацией полезных минералов более  $10 \text{ кг/м}^3$ , достигает 4 км. Рудоносные пески формировались также в в зоне пляжа (Захаровская, Дубовецкая, Норовская россыпи).

Севернее и северо-восточнее прибрежно-морской зоны располагается мелководно-морская (II), представленная светло-серыми до белых кварцевыми мелкозернистыми песками с редкими крупными и гравийными зернами кварца. Преобладают фракции менее 0,25 мм, составляющие в сумме 60–80 %. В обнажениях наблюдается разнонаправленная косая слоистость с косыми сериями слоев мощностью до 40 см, чередующимися с горизонтально-слоистыми сериями мощностью до 20 см. В некоторых сериях отмечается косая перекрестная слоистость.

Пески содержат глинистую примесь в рассеянном виде или в виде тонких прослоев. На самом севере территории пески имеют зеленовато-серую окраску за счет примеси глауконита. В глинах, а иногда и песках отмечаются редкие углефицированные остатки растений.

На северо-востоке территории значительное развитие получают слюдистые алевролиты, в верхних частях разрезов переходящие в алевроитовые глины. Алевролиты содержат углефицированные растительные остатки, количество которых увеличивается одновременно с укрупнением размеров зерен. Вероятно, это результат воздействия течений. На обширной площади зоны встречаются участки, где мелкозернистые пески замещены среднезернистыми, а иногда и разномзернистыми песками с примесью глауконита, отмечающегося не во всех разрезах. Рассматриваемая зона протягивается от Брянской области, охватывает широкой дугой северо-восточные районы Орловской, занимает северные районы Липецкой и всю Тамбовскую области. В Орловской области аптские отложения представлены тонко- и мелкозернистыми песками, нередко горизонтально-слоистыми, содержащими разные количества глауконита, слюдистыми, в различной степени глинистыми, с маломощными пластами глин, приуроченных к низам разрезов. В отдельных участках отмечаются разномзернистые пески с гравием в подошве.

На севере Липецкой области разрез аптских отложений представлен мелкозернистыми песками, среди которых иногда отмечаются линзы в различной степени запесоченных светло-серых глин,

имеющих мощность от 1,5 до 7,5 м и тяготеющих к нижней части разреза. Пески нередко сцементированы до песчаников, в которых встречаются остатки наземной флоры. На отдельных участках эти пески замещаются разномзернистыми со значительным содержанием крупнозернистой фракции и образовавшимися на подводных поднятиях с более активным гидродинамическим режимом (зона III В).

На территории Тамбовской области эта зона сложена серыми и темно-серыми мелко- и тонко-мелкозернистыми кварцевыми слюдистыми глинистыми песками с глауконитом (II БА) и примесью зерен полевого шпата (5–7 %). Содержание глауконита колеблется в широких пределах, а в некоторых разрезах этот минерал становится породообразующим. В песках отмечается тонкая горизонтальная слоистость, подчеркнутая распределением глауконита и глинистого материала. Мощность аптских отложений здесь колеблется от 22 до 38 м.

Таким образом, аптские отложения представлены различными по генезису континентальными, прибрежно- и мелководно-морскими отложениями.

### Обсуждение результатов

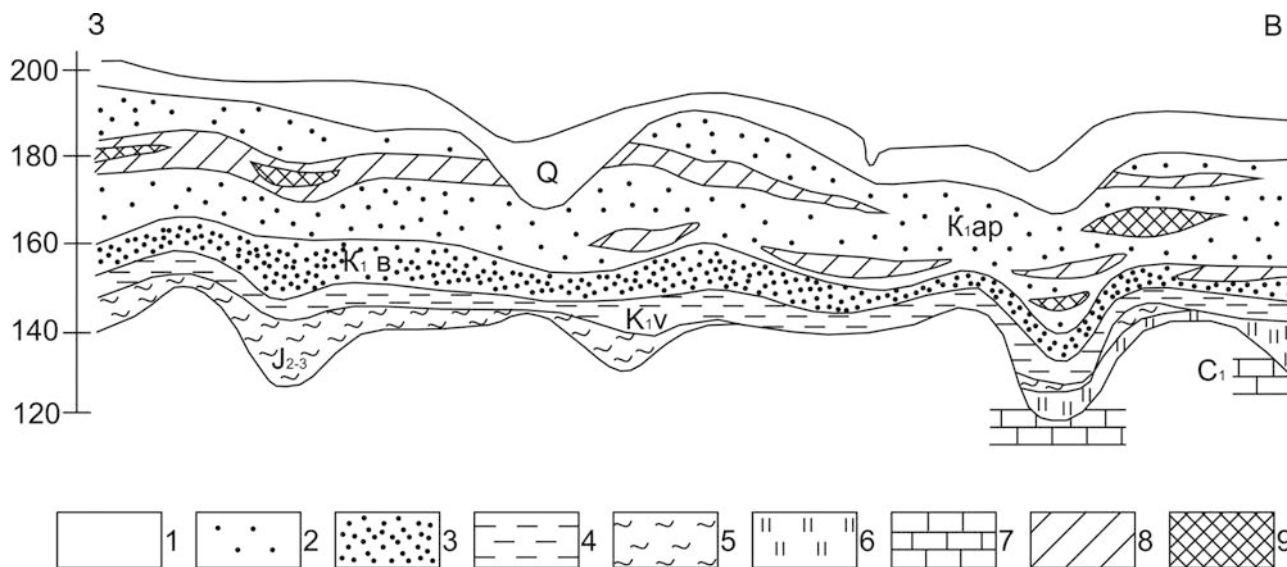
С охарактеризованными выше фациями песчаных отложений могут быть связаны ряд видов полезных ископаемых, образовавшихся как в континентальных, так и морских обстановках. С образованиями аллювиальной равнины связаны ценные гравийно-песчаные смеси, строительные, формовочные, стекольные пески. К морским отложениям приурочены цирконий-титановые россыпи пляжного типа, строительные и формовочные пески. Объяснения формирования стекольных и цветных песков, также песчаников только на фациальной основе недостаточно, поскольку в их образовании заметную роль играли наложенные процессы [2, 3].

#### *Цирконий-титановые россыпи*

В лагунно-морской и мелководно-морской зонах имеются россыпи цирконий-титановых минералов [4], среди которых наиболее крупной является Волчинская (Волчинско-Голожоховская) (см. рис. 1). Она открыта в 1958 г. А.Н. Болотовым, в 1965 г. изучена В.А. Блиновым, в 1971 – Н.П. Хожаиновым, в 1978 г. – наиболее детально Н.Н. Иконниковым. Россыпь расположена в районе сел Волчье и Голожохово Трубецкого района Липецкой области на площади  $98,5 \text{ км}^2$  и имеет сложное строение (рис. 2), представляя собой се-

рию кулисообразно залегающих рудных тел линзовидной и пластовой форм. Протяженность их 10–15 км, мощность от 0,5 до 9,8 м. Четких конту-

ров они не имеют, находятся на различных абсолютных отметках, соответствуют разным уровням пляжа при передвижении береговой линии.



**Рис. 2.** Геологический разрез Волчинской россыпи по В.А. Окоркову. Отложения: 1 – четвертичные; 2 – алеврито-песчаные апта; 3 – песчано-алевритовые баррема; 4 – алеврито-глинистые валанжина; 5 – глинистые юры; 6 – глинистые карбона; 7 – карбонатные карбона; 8 – рудные тела с повышенным содержанием циркониево-титановых минералов; 9 – рудные тела с высоким содержанием циркониево-титановых минералов

Н.П. Хожайнов в россыпи выделил три рудоносных пласта. Протяженность нижнего из них не установлена, а его мощность колеблется от 0,5 до 7 м. Пески с содержанием цирконийтитановых минералов более 10 кг/м<sup>3</sup> (наибольшее 18 кг/м<sup>3</sup>) залегают в виде линз. Средний рудоносный пласт (0,5–0,9 м) представлен линзами шириной от 0,5 до 3 км и протяженностью до 3 км. Средневзвешенное содержание цирконий-титановых минералов равно 10–21 кг/м<sup>3</sup>. Верхний пласт рудоносных песков (0,9–6,1 м) сохранился лишь на водораздельных участках. Он сложен линзами песков, в которых содержание цирконий-титановых минералов превышает 10 кг/м<sup>3</sup>. Линзы длиной 1–5 км при ширине 1–4 км протягиваются полосой до 12 км. Средневзвешенное содержание цирконий-титановых минералов колеблется от 10 до 40 кг/м<sup>3</sup>.

В Волчинской россыпи средняя мощность рудного тела, к которому отнесены рудоносные пески среднего и верхнего пластов, равна 2,74 м, вскрыши – 13,3 м. Содержание условного ильменита в пределах россыпи – 34,37 кг/м<sup>3</sup>. Пески хорошо обогащаются, окись титана в рутиловом и ильменитовом концентратах извлекается на 71,1 %, двуокись циркона – на 57,61 % (без доводки пром-продуктов). При гидроклассификации аксессуарные минералы концентрируются на ситах менее 0,2 мм.

Более крупные фракции имеют практически мономинеральный кварцевый состав и возможно представляют интерес в качестве стекольного сырья с благоприятными химическим и гранулярным составами.

В распределении минералов тяжелой фракции россыпей в зависимости от гранулометрического состава пород имеется определенная закономерность. Так, в естественном сером шликсе установлено, что циркон, монацит, рутил, анатаз и гранат концентрируются во фракциях менее 0,1 мм, дистен, ставролит, силлиманит и турмалин – во фракциях крупнее 0,1 мм, ильменит и лейкоксен – во фракциях от 0,25 до 0,063 мм и в значительном количестве встречаются в более мелких фракциях. Наибольшие выходы отмечаются для песков, состоящих на 60–70 % из зерен размером 0,2–0,16 мм.

Н.Н. Иконниковым [5] получены дополнительные данные при изучении залежи «Овражная» у села Волчье, где на дневную поверхность выходят обогащенные (до 22 % тяжелой фракции) пески аптского возраста. Их минералогическая, химическая, технологическая характеристики использовались при оценке других россыпей аптского возраста. Здесь продуктивный горизонт представлен тонко- и мелкозернистыми хорошо сортированными

ми кварцевыми песками, залегающими на барремских песчано-глинистых породах и перекрытых разнозернистыми песками неогена и четвертичными суглинками. Пески россыпи светло-серые горизонтально-, мульдо-, косо- и мелковолнистослоистые. В рудных слоях слоистость подчеркнута скоплениями рудных минералов в виде тонких шлиховых прослоев, местами в различной степени ожелезненных, слабослюдистых, с незначительным содержанием глинистой примеси (до 7 %).

Горизонт состоит из трех пластов – нижнего (5–7 м), безрудного (6 м) и верхнего (до 6 м). Пески верхнего рудного пласта на 83–96 % (среднее 88,4 %) представлены фракцией 0,25–0,1 мм.

В нижнем рудном пласте преобладают фракции 0,25–0,1 и 0,1–0,05 мм, составляющие соответственно 32–83 и 13–61 % (табл. 1). Основная масса тяжелых минералов сосредоточена в классе 0,1–0,05 мм, а класс 0,05–0,07 мм может на 81 % состоять из минералов тяжелой фракции (табл. 2). Её главными минералами являются ильменит, лейкоксен, рутил, циркон, дистен, силлиманит, ставролит, турмалин (табл. 3). Они составляют свыше 90 % веса тяжелой фракции. Кроме того, из песков россыпи извлечены мелкие алмазы (свыше 400) и самородное золото (десятки мг/м<sup>3</sup>). Глинистая примесь песков сложена преимущественно каолинитом.

Таблица 1

*Гранулометрический состав песков рудного горизонта Волчинской россыпи*

Пласт	Содержание фракций, %			
	> 0,25	0,25–0,10	0,10–0,05	< 0,05
Верхний	4,7	88,4	2,9	2,9
Нижний	0,5	67,1	27,7	4,1
Безрудный	10,0	78,5	5,4	4,0

Таблица 2

*Распределение минералов по гранулометрическим классам*

Минералы	Содержание, %			
	> 0,25	0,25–0,10	0,10–0,05	< 0,05
Ильменит	–	0,1	90	10
Лейкоксен	–	0,1	80	20
Рутил	–	0,1	80	20
Циркон	–	0,1	50	50
Кианит	–	0,1	80	10
Монацит	–	–	–	100

Таблица 3

*Минеральный состав тяжелой фракции рудного горизонта Волчинской россыпи*

Минералы	Содержание минералов, % от тяжелой фракции		
	Верхний пласт	Нижний пласт	Безрудный слой
Ильменит	32	35	40
Лейкоксен	15	15	12
Рутил	10	11	12
Циркон	10	11	8
Кианит	13	10	12
Силлиманит	3	3	1
Ставролит	15	10	10
Турмалин	9	8	5
Слюды	до 2	до 2	до 1
Гидроокислы железа	до 4	до 11	до 2
Золото, г/т	0,020–0,113	0,04–0,025	0,01

Другие россыпи аптского возраста (Лев-Толстовская, Ягодинская, Дубовецкая, Норовская, Захаровская) по геологическому строению принципиально не отличаются от Волчинской. Так, Лев-Толстовская россыпь имеет несколько меньшие размеры и включает средний и верхний рудоносные пласты. Их общая мощность до 3 м в среднем и 1,3 м в верхнем рудоносном пласте. Протяженность линзы 3 км, концентрация условного ильменита составляет 10–20 кг/м<sup>3</sup>, наибольшая 73,5 кг/м<sup>3</sup> в верхнем пласте. Существуют перспективы открытия новых россыпей в пределах лагунно-морской зоны. Гранулометрические характеристики безрудного и верхнего рудного пластов близки, но содержание класса 0,25–0,5 мм в первом достигает 20–37 %. Выход тяжелой фракции по верхнему пласту 5 %, нижнему – 4 %, безрудному – 0,5 %, а распределение акцессорных минералов в пластах сходно.

#### *Стекольные пески*

Кварцевые пески широко используются для производства формовочных смесей в металлургической промышленности (до 50 %), в стекольном производстве (30–35 %), строительной, химической, керамической и других отраслях. Это сырье отнесено к четвертой группе по дефицитности и признано остродефицитным. Во всем мире кварцевых песков сейчас добывается порядка 100–120, в США – 28,5, в России – 6 млн т в год. В СССР добыча была 30–40, в России – около 10 млн т 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. 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 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>), а также окисла алюминия, сосредоточенного преимущественно в глинистой примеси.

Работами Воронежского рудоуправления открыты Богдановское месторождение в аптских аллювиальных отложениях Хохольского района. Кроме того, стекольные пески аптских отложений

вскрыты на разных уровнях разреза, как в подглиняной, так и надглиняной толщах Латненского месторождения огнеупорных глин. Низкокачественные аптские пески, залегающие на глубинах от 2 до 17 м, известны в Русско-Гвоздевском месторождении, расположенном в 18 км севернее г. Семилуки.

В пределах Богдановского месторождения (рис. 3) полезная толща залегает практически на поверхности и представлена мелкозернистыми кварцевыми стекольными песками в аллювиальных отложениях апта, залегающих на барремских и перекрытых четвертичными отложениями. Барремские образования 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.

Залегающая выше аллювиальная толща в нижней части сложена крупнозернистыми косослоистыми кварцевыми песками мощностью 3,0–14,0 м с гравийными зернами размером до 5 мм. В подошвенной части пески ожелезнены, имеют желто-бурый цвет. Вверх по разрезу размер зерен в песках уменьшается, и они переходят в разнозернистые, преимущественно средне- и крупнозернистые. В южной части месторождения в подошвенной части отмечаются горизонты глинистых и 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 слагают крупную линзу. На северном и северо-западном флангах месторождения 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 слабogliнистых 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).

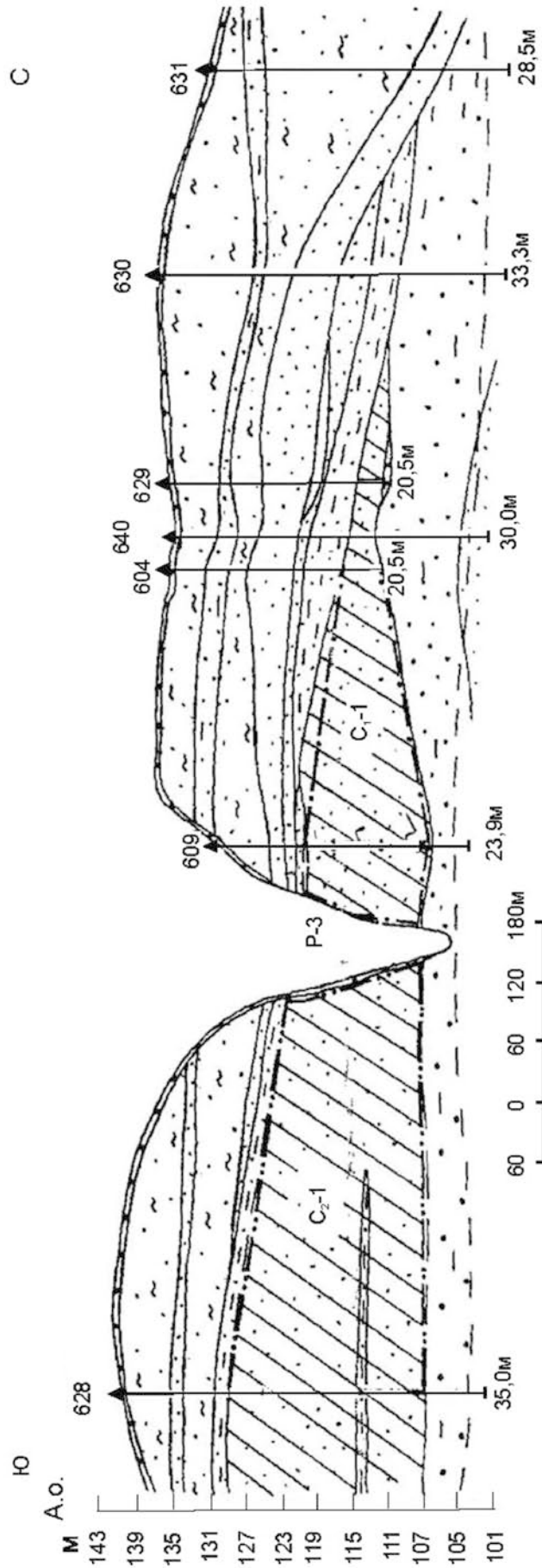


Рис. 3. Геологический разрез Богдановского месторождения. Усл. обозначения см. на рис. 1



**Гранулярный состав песков.** Песок, используемый в производстве стекла, должен быть достаточно равномерным по зерновому составу. ГОСТом 22551-77 Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности [6] 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 долж-

но 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, чему соответствует состав песков Богдановского месторождения (табл. 4). Он соответствует требованиям ГОСТ 22551-77 [6]. Преобладающая фракция – 0,4–0,1 мм составляет от 84 до 90,5 %.

Таблица 4

Гранулометрический состав стекольных песков Богдановского месторождения

№ п/п	№ пробы	Интервал, м		Мощность	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	
Скважина 626																	
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
Скважина 635																	
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
Скважина 638																	
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

Формирование хорошо сортированных, преимущественно средне- и мелкозернистых песков на аллювиальной равнине аптского времени происходило преимущественно в прирусловых отменях и береговых валах [2]. 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 отменях и, возможно, береговых валах, песчаные частицы выпадали из взвесей, что значительно увеличивало сортировку. Ее коэффициент для стеколь-

ных песков месторождения составляет 1, в то время как для русловых 0,4.

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 субэралиальных и субаквальных континентальных условиях железо обычно находится в малоподвижной трехвалентной форме и лишь в озерно-болотных переходит в двухвалентную форму. Оно связывается в пирит или выносятся из нелигифицирован-

ного осадка инфильтрационными и подземными водами, тем самым «облагораживая» его. Восстановительно-кислые воды («проточный» диагенез) по [7] 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.

Но анализ геологического строения Богдановского месторождения 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 грубозернистое основание, содержит пониженные количества железа. Это можно объяснить воздействием в межледниковые эпохи (таежные условия) инфильтрационных и восстановительно-кислых подземных вод по аналогии с такими процессами для юрских и нижнемеловых песков центрального района России [8], где развиты подзолистые почвы. Это приводило 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).

Таким образом, поиски кварцевых песков надо проводить в зонах развития прирусловых отмелей и там, где аптские, а в некоторых случаях и альбсеноманские, отложения перекрываются четвертичными ледниковыми образованиями. Стекольные пески могут быть обнаружены и в поле развития лагунно-морских и мелководно-морских аптских отложений, где продуктивные толщи имеют большие мощности и распространение. Но обязательным условием должны быть наложенные процессы с выносом железа.

*Минеральный состав.* В легкой фракции песков преобладает кварц (от 88,2 до 99 %), полевого

шпата от 0,5 до 8,0 %, слюды (до 2 %), обломков пород доли процента. 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 минералов составляет от 30 до 70 %, а для прозрачных характерна турмалин-рутил-цирконовая и гранат-ставролит-диастеновая ассоциации.

Новые данные получены по минеральному составу легкой и тяжелой фракции Богдановского месторождения стекольных песков в технологической пробе 135. После отсева на фракции +0,5 мм, –0,5 + 0,25 мм, –0,25 + 0,1 мм и менее 0,1 мм каждая из них была проанализирована под микроскопом с подсчетом минералов линейным способом, за исключением таковой менее 0,1 мм. В ней визуально отмечались только основные породообразующие минералы. В легкой фракции преобладает кварц, составляющий 98,63 %, в единичных зернах отмечаются сростки кварца с ильменитом и темноцветными минералами.

Если рассматривать минеральный состав по фракциям, то фракция +0,5 мм на 100 % состоит из кварца, –0,5 + 0,25 мм на 98,43 % 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 более 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 ожелезненного 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 единичных зернах отмечаются топаз, турмалин, амфибол, а во фракции –0,1 мм – шпинель, барит и гранат.

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 ожел.	–	–	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

Минеральный анализ тяжелой фракции после гидроклассификации показывает, что резко преобладающим минералом в ней является ильменит, количество которого может достигать почти 93 %. Максимальные содержания лейкоксена и циркона – 12, гидрогетита – 8, рутила и малакона – 1,5 %. Остальные минералы представлены в единичных зернах. Ильменит и циркон локализуются 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.

**Химический состав.** Полный химический состав песков Богдановского месторождения определяется по технологическим пробам, отобранным из расчисток № 1 и 2. Сокращенные анализы выполнены по 307 пробам. Содержание кремнезема колеблется от 95,34 до 99,34 %,  $Al_2O_3$  – 0,3 до 4 %. Повышенные количества последнего связаны с наличием глинистого материала. Количество основного загрязняющего оксида –  $Fe_2O_3$ , в природных песках обычно изменяется от 0,03 до 0,25 % 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 подстилающими барремскими образованиями. Оксид титана (0,1–0,13 %) содержится в установленных минералах тяжелой фракции. Количество щелочей и щелочноземельных элементов составляет сотые доли процентов.

Средневзвешенный состав песков полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 22551-77. 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 показывает, что основной максимум содержания  $SiO_2$  приходится на интервал 99–98,5 % (рис. 4).

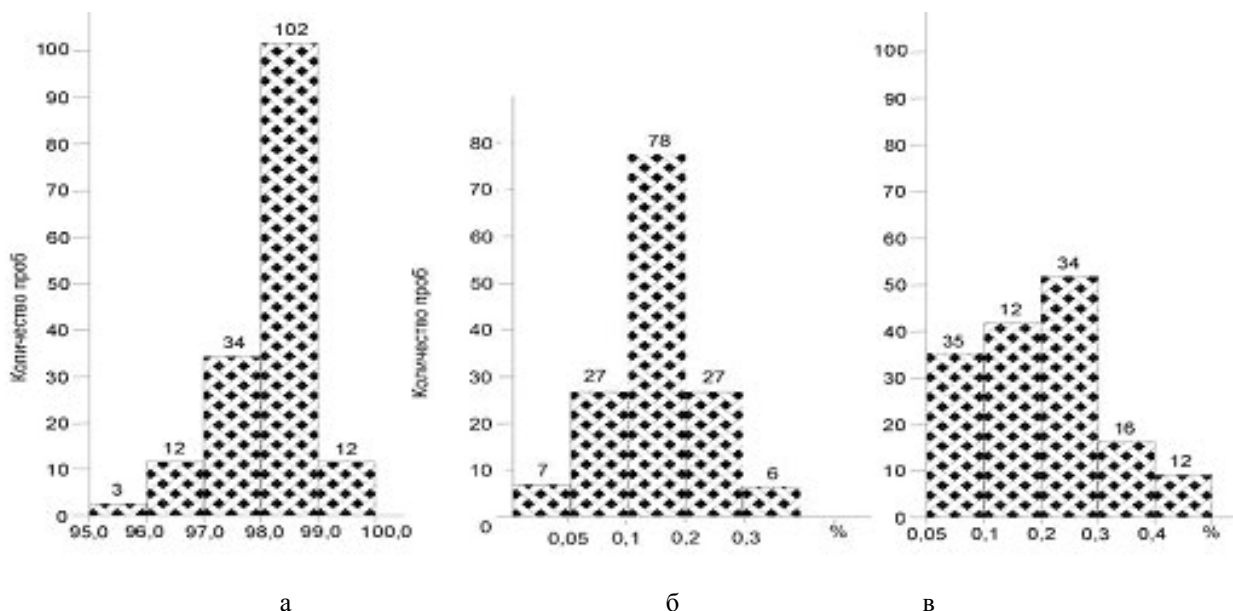


Рис. 4. Гистограммы содержаний оксидов в стекольных песках: а –  $SiO_2$ ; б –  $Fe_2O_3$ ; в –  $TiO_2$

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, изоляторов, труб, аккумуляторных банок, для строительных целей и другого назначения. Отдельные горизонты и участки месторождения пригодны для производства оконного стекла. Для изготовления более высоких

сортов стекольной продукции требуется обогащение или селективная отработка месторождения. Более качественное сырье можно получить при гидроклассификации песков этого месторождения. При этом во фракциях менее 1 мм сосредоточено 85–90 % песка, а тяжелые минералы остаются во фракциях менее 0,2 мм. Содержания кремнезема стекольной фракции составляет 99,4 %, а в некоторых случаях и больше, в то время как вредных примесей  $Fe_2O_3$  – 0,4–0,5 %, а  $Al_2O_3$  – менее 0,15 % (после отмучивания глинистой фракции).

*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 оксидов железа, покрывающая зерна кварца; 4 – включения минералов-железоносителей в зернах кварца. Окрашивают стекло 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 гидрооксидов железа, покрывающих 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. Неудалимый остаток  $Fe_2O_3$ , 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.

Выяснено, что кварцевый песок Воронежского рудоуправления загрязнен всеми видами основных примесей. В одних случаях это тяжелые минералы и пленка оксидов железа, с удалением которых извлекается 40,18 % и 28,49 %  $Fe_2O_3$ , в других – основными загрязняющими примесями являются пленка оксидов железа и глинистая составляющая,

с удалением которых уходит 35,25 % и 31,44 % оксидов железа соответственно. Основными загрязняющими примесями в третьих случаях являются пленка гидрооксидов железа и тяжелая фракция, с удалением которых извлекается 51,59 % и 12,67 % оксидов железа соответственно. «Неудалимый» остаток оксида железа в пробах составляет от 16,93 до 31,23 %.

Таким образом, при правильном выборе технологии обогащения и соответственно технологического оборудования возможно получение кварцевых концентратов марок ООВС-015-1 и ОВС-020-В, пригодных для производства увиолевого 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.

Полные опыты по обогащению стекольных песков проведены для Богдановского месторождения. В природном виде по химическому составу кварцевые пески соответствуют маркам С-070; ПБ-150; ПС-250 и Т по ГОСТ 22551-77. После обогащения песков гравитационно-оттирочным способом содержание  $Fe_2O_3$  снизилось до 0,028 % по сравнению с исходным 0,063 %. 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. Таким образом, технологические опыты, проведенные по обогащению стекольных песков, позволили удалить вредные железистые и глинистые примеси, а также получить сырье, пригодное для производства высококачественной продукции.

#### *Формовочные пески*

Предъявляемые требования к качеству формовочных песков охватывают такие их свойства, как определенный гранулометрический состав, глинистость, количество и состав минералов-примесей, химический состав по основному компоненту – кремнезему, а также глинозему ( $Al_2O_3$ ) и оксиду железа  $Fe_2O_3$  [9]. При литейном производстве опоки (специальные емкости для литья), состоящие из кварцевого песка (85–90 %) и связывающих его глины или жидкого стекла, должны быть газопроницаемыми и однородными по составу для придания изделиям из металла ровной поверхности. Наиболее ценными являются пески марок «К»

(кварцевые) с размером зерен в пределах 0,1–0,2 мм. Они характерны для пойменных фаций, где удалена глинистая составляющая, частично, для прирусловых отмелей, прибрежно-морских и мелководно-морских обстановок, т.е. могут формироваться в пределах всего поля развития аптских отложений, что подтверждается наличием формовочных песков во вскрышах Латненского месторождения огнеупорных глин, Лебединского и Стойленского железорудных месторождений КМА (континентальные обстановки). Самостоятельными являются Липецкое (прибрежно-морские пески) и Полковое (мелководно-морские) месторождения (см. рис. 1).

Для определения возможностей использования в качестве формовочных песков изучены вскрышные и попутнодобываемые породы Латненского месторождения огнеупорных глин [2]. В соответствии с ГОСТ 29234-91.3 [10] проанализировано 57 проб песков из трех горизонтов апта и определены: 1 –  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{TiO}_2$ , сера сульфидная; 2 – глинистая и илистая составляющие; 3 – средний размер зерен; 4 – коэффициент однородности. Затем оценка песков проводилась по ГОСТ 2138-91 [11].

Горизонт I представлен надглиняными песками, непосредственно залегающими на огнеупорных глинах участка «Средний». Пески мощностью 0,9–1,8 м тощие с глинистой составляющей 2,6 % и  $\text{SiO}_2$  – 98,5 %. Коэффициент однородности составляет 44 ( $\text{O}_5$ ), средний размер зерен 0,19 ( $\text{O}_2$ ),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,85 %, серы сульфидной – 0,07 %. Марка песка 1Т1  $\text{O}_5$   $\text{O}_2$ . На участке «Белый Колодец» пески (1,2–1,4 м) в нижней части («пастиловидные») тощие (глинистой примеси 2,76 %), с содержанием  $\text{SiO}_2$  98,3 % (1Т1), коэффициентом однородности 55 ( $\text{O}_4$ ), средним размером зерен 0,1 ( $\text{O}_1$ ) дают марку 1Т1  $\text{O}_4$   $\text{O}_1$ . Выше залегают пески, меняющиеся по простираню от кварцевых до тощих (глинистой примеси 1,32–2,2 %) с содержанием  $\text{SiO}_2$  99,0–99,2 % (первая группа 4К1-1Т1), коэффициентом однородности 75–77 ( $\text{O}_2$ ), средним размером зерен 0,12–0,13 ( $\text{O}_1$ ). Их марка изменяется от 4К1 $\text{O}_1$  $\text{O}_2$  до 1Т1 $\text{O}_2$  $\text{O}_1$ . Содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в них от очень низкого до низкого, сульфидной серы – от 0,01 в тощих до 0,07 % в кварцевых песках.

Пески II горизонта (средняя часть разреза апта) мощностью 0,95–1,35 м в пределах участка «Средний» содержат 98,8 %  $\text{SiO}_2$  (3К<sub>2</sub>), имеют коэффициент однородности 43–48 ( $\text{O}_5$ ), средний размер зерен 0,15–0,21 ( $\text{O}_{16}$ ,  $\text{O}_2$ ) и марки от 3К<sub>2</sub> $\text{O}_5$  $\text{O}_1$  до 3К<sub>2</sub> $\text{O}_5$  $\text{O}_2$ . Массовая доля  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,09–0,26 (от очень низкого до низкого), сульфидной серы 0,0–0,01 %.

На участке «Белый Колодец» глинистая примесь в песках составляет 1,4–1,5 %, массовая доля  $\text{SiO}_2$  98,9–99,3 % (4К1-4К2), коэффициент однородности 33–68 ( $\text{O}_5$ - $\text{O}_3$ ), средний размер зерен от 0,13–0,22 ( $\text{O}_1$ – $\text{O}_2$ ), а марка изменяется от 4К<sub>2</sub> $\text{O}_5$  $\text{O}_2$  до 4К<sub>1</sub> $\text{O}_3$  $\text{O}_1$ . В кварцевых песках массовая доля вредных примесей ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) составляет 0,06–0,16 (очень низкая). Сульфидной серы внизу (0,5 м) 0,04 %, что соответствует ГОСТ, вверху (0,7 м) – 0,15 % и превышает его требования (до 0,05 %). Следовательно, в качестве формовочных могут быть использованы только пески нижней части горизонта II.

К горизонту III относятся косослоистые разнозернистые пески (4,5–6,0 м), нижней части разреза аптского яруса на участке «Средний» и изменяющиеся по площади и в разрезе от кварцевых до тощих. В нижней части (2,2 м) они преимущественно кварцевые. Массовая доля  $\text{SiO}_2$  колеблется от 97,8 до 99,1 % (4К1-1Т1), коэффициент однородности от 39 до 57 ( $\text{O}_4$ – $\text{O}_5$ ), средний размер зерен – 0,12–0,5 мм ( $\text{O}_1$ – $\text{O}_3$ ), марка от 4К1 $\text{O}_5$  $\text{O}_1$  до 1Т1 $\text{O}_4$  $\text{O}_3$ . Массовая доля вредных примесей  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  изменяется от очень низкой до низкой (0,05–0,3 %), сульфидной серы – от 0,04 % и ниже, что соответствует требованиям ГОСТ. На участке «Белый Колодец» пески (2,30–4,70 м) тощие (глинистой примеси 3,18–5,52 %) с массовой долей  $\text{SiO}_2$  96,1–98,2 % (1Т1-2Т1), коэффициентом однородности 43–53 ( $\text{O}_4$ – $\text{O}_5$ ), средним размером зерен 0,12–0,16, что определяет марки 1Т1 $\text{O}_4$  $\text{O}_1$  – 2Т1 $\text{O}_5$  $\text{O}_16$ .

Таким образом, пески участков «Средний» и «Белый Колодец» в общей массе характеризуются неоднородностью литологического состава по простираню и на глубину, изменяются от кварцевых (марки 2К<sub>2</sub> $\text{O}_4$  $\text{O}16$ , 4К1 $\text{O}_3$  $\text{O}1$  и др.) до тощих (1Т1 $\text{O}_4$  $\text{O}1$ , 3Т1 $\text{O}_5$  $\text{O}25$  и др.). В некоторых прослоях кварцевых песков отмечается повышенная концентрация сульфидной серы (до 0,15), превышающая требования ГОСТ-2138-91. Основная часть толщи песков может быть использована в качестве формовочных различных марок с условием селективной добычи или гидроклассификации для достижения стабильности качественных показателей.

Поскольку требования к формовочным пескам по сравнению со стекольными песками намного ниже, то возможностей обнаружения месторождений первых намного больше, особенно для морских отложений. В них тела формовочных песков более крупные и выдержанные по качественным показателям по сравнению с континентальными аналогами.

### Пески цветные

Пески цветные являются прогрессивным отделочным материалом, на основе которого разработан новый малокомпонентный цветной полимеротделочный состав «Пескопласт». Он используется в качестве декоративно-отделочных растворов, обладает разнообразием архитектурно-художественной выразительности за счет вариации цветов и оттенков заполнительного песка. Растворами разных цветов отделаны многие здания в г. Липецке, где разработана технология производства «Пескопласта» и принят перечень цветов эталонной коллекции [3].

Технологические свойства песков (прочность сцепления, атмосферостойкость, образование воднорастворимых солей на поверхности покрытий) зависят от химических и физико-механических свойств сырья. Так, прочность сцепления с покрытием выше у «Пескопласта» на основе тонкозернистых песков и понижается в более крупнозернистых разностях. Она повышается при относительно увеличенных содержаниях оксидов железа и алюминия. Наличие воднорастворимых солей кальция вызывает образование на поверхностях покрытий белесых пятен. Повышение прочности сцепления и атмосферостойкости покрытий отмечается у песков с высоким содержанием фракции менее 0,05 мм.

На юго-западе Липецкой области имеется Васильевское месторождение цветных песков аптского возраста. Они оранжевые, оранжево-желтые, оранжево-серые, зеленовато-желтые, охристо-желтые, желтовато-зеленые, красновато-бурые, серые, тонко- и мелкозернистые, кварцевые, в различной степени алевритистые и глинистые, залегают на алевритах и глинах барремского яруса. Глубина залегания полезной толщи колеблется от 0 до 10,8, в среднем 7,4 м. Мощность цветных песков варьирует от 3,7 до 11, 9 м, средняя – 7,2 м. Среди песков отмечаются редкие прослои светло-серых, желтовато-серых, умеренно- и среднепластичных глин мощностью от 2 мм до 2 см. Преобладающими фракциями являются 0,16 (частный остаток на сите до 77 %) и 0,315 (до 54 %) мм, а модуль крупности составляет 0,8.

Минералогические исследования показали, что легкая фракция состоит из зерен кварца, 75 % которых покрыты лимонитовой рубашкой. Выход тяжелой фракции 0,18 %, почти половина в ней гидроксидов железа и никакого влияния на качество песков она не оказывает. В химическом составе  $\text{SiO}_2$  от 89,56 до 98,42 % (в среднем 94,84 %),

$\text{Al}_2\text{O}_3$  от 0,65 до 3,10 % (1,59%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 0,24 до 1,74 % (0,84 %), воднорастворимых солей от 0,04 до 0,47 % (0,5 %).

Окраска песков имеет определенную гамму и обусловлена определенным содержанием оксидов железа и крупностью зерен кварца. Повышенные содержания железа и более высокий модуль крупности песков дают оранжевые, коричневые и красновато-бурые цвета, средние содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и модуля крупности характерны для желтых и зеленых разностей, а серые цвета определяются незначительным количеством оксида железа. Цвет песков обусловлен образованием вокруг зерен лимонитовых пленок. В зависимости от их толщины и количества зерен, покрытых пленками, находятся оттенки цветов.

Формирование цветных песков происходило в два этапа. На первом в седиментогенезе в прибрежной и мелководно-морской обстановках формировались тонко-мелкозернистые пески преимущественно серого и светло-серого цвета. На втором, в позднепалеогеновую-ранненеогеновую эпоху в северной части Воронежской антеклизы аптские отложения были выведены на поверхность, где подверглись процессам выветривания и инфильтрации грунтовых вод [12]. Гидрогеологический режим (степень водонасыщенности пород, мощность зоны аэрации, положение уровня грунтовых вод), гипсометрическое положение участка, зерновой состав песков определяли типы восстановительно-окислительных обстановок при инфильтрации вод через пески с образованием их цветных разностей.

Таким образом, перспективы поисков цветных песков связаны с тонко- и мелкозернистыми песками прибрежно- и мелководно-морских фаций, широко распространенными на севере рассматриваемой территории. На эти пески в пределах бывших водоразделов были наложены эпигенетические процессы, вызвавшие окрашивание исходных аптских образований. Наиболее перспективными площадями на поиски цветных песков является территория Липецкой и примыкающая к ней восточная часть Орловской областей.

### Строительные пески

Большая часть аптских песков может быть использована в качестве строительных. На рис. 1 показаны некоторые их месторождения, а общее количество разведанных свыше 20. Основными нормируемыми показателями строительных песков согласно ГОСТ 3584-73 [13] является зерновой состав, характеризующийся модулем крупности, и

содержание пылевидных и глинистых частиц. Выделяется две группы песков по крупности зерен: I – очень крупный (Мк более 3,5), повышенной крупности (Мк 3,5–3,0), крупный (Мк – 2,5–2,0), мелкий (Мк 2,0–1,5); II – очень крупный, повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий (Мк 1,5–1,0), тонкий (Мк 1,0–0,7), очень тонкий (Мк до 0,7). Для определения нормируемых показателей гранулометрического состава применяется стандартный набор сит с круглыми отверстиями диаметром 10,0; 5,0; 2,5 и сетками 1,25; 0,63; 0,315; 0,14. Пылевидных, илистых и глинистых частиц (после отмучивания фракции менее 0,05 мм) не должно содержаться более 5 %, а полного остатка граничной фракции должно быть в пределах 10–30 %.

Наиболее ценные для строительной промышленности и дефицитные в регионе песчано-гравийные смеси и крупнозернистые бетонные пески залегают в нижней части аптского разреза и приурочены обычно к русловым образованиям. В частности, во вскрыше Латненского месторождения огнеупорных глин такие косослоистые плохосортированные пески имеют средний модуль крупности 2,6, тогда как надглиняные – от 0,654 до 1,1. Для улучшения качества песков применяется их гидроклассификация. Но большая часть месторождений содержит мелко- и среднезернистые разновидности песков, разрабатываемых многочисленными карьерами.

На песчаные породы существует ажиотажный спрос. Достаточно сказать, что на Латненском месторождении огнеупорных глин выручка от продажи песков заметно превышает доходы от реализации основного полезного ископаемого. Гидроклассификация же песков на фракции позволяет освободить их от вредной глинистой примеси и получать сырьё с требуемыми параметрами для различных целей.

#### *Кварцитовидные песчаники*

Это сырьё для облицовочных и архитектурно-декоративных изделий. Песчаники развиты в верхних частях аптских разрезов и довольно широко распространены в западных районах Липецкой, восточных Орловской и Курской, на северо-западе Воронежской областей, где имеется ряд мелких месторождений, часть из которых разрабатывается. Песчаники выходят на дневную поверхность, обнажаются в коренном залегании, а также в виде скоплений, нагромождений, отдельно залегающих глыб и плит как вблизи коренных выходов, так и перенесенных от них на значительные расстояния

в результате деятельности Донского ледника. На территории северо-запада Липецкой и северо-востока Орловской областей отмечаются хаотичные скопления и нагромождение в определенных участках глыб аптских песчаников среди моренных отложений. Южнее влияние ледника было ослаблено и песчаники обычны в коренном залегании. При этом в соответствии с общим поднятием меловых отложений по направлению на север в Воронежской области песчаники выходят на уровне нижних частей склонов, а в Липецкой и Орловской – в верхних частях склонов и на водоразделах.

Во всех случаях участки распространения песчаников приурочены к склонам развитых речных долин древнего заложения, сохранившим миоценовые террасы или поверхности выравнивания. Как правило, от выходов на склонах в сторону водораздела линзы песчаника выклиниваются. Морфология тел песчаников достаточно сложная, обычно в виде разобщенных линз, плитообразных и караваеобразных мощностью от 0,2 до 5–6 м, редко 15–16 м, и протяженностью от 50–100 до 800–1000 м, реже 1,5–2 км.

Несмотря на фациальную изменчивость аптских отложений, песчаники разных месторождений внешне очень сходны. Поэтому их макроскопическое описание мы приводим по ныне действующему песчаному карьере, расположенному в левом борту долины р. Ведуга севернее с. Ендовище. В основании волчинской свиты, включающей надглиняную толщу, здесь залегает песчаник кварцитовидный, светло-серый, участками желтовато- и темно-серый, разнозернистый, преимущественно мелкозернистый с отдельными крупными зернами, с горизонтальной и реже волнистой слоистостью, с отпечатками ряби на поверхности напластования, с кремнистым цементом, неравномерно и неполностью пропитывающим породу. Наблюдаются фитолиты, т.е. окремненные фрагменты веточек деревьев в массе слабосцементированного песка, а также углубления и полости в слое песчаника. Форма тела – плитообразная и караваеобразная. Мощность слоя песчаников в данном разрезе – 0,2–0,6 м.

Микроскопическое изучение показало, что песчаник кварцевый, мономинеральный, мелко-среднезернистый с преобладанием мелкозернистого, с беспорядочной неориентированной и реже слоистой текстурой. Обломочная часть однородная, зерна полуокатанные и угловато-окатанные, бесцветные, иногда мутные за счет непрозрачных включений. Размер зерен кварца – от 0,04 до 0,06 мм, преобладает от 0,1 до 0,3 мм. Укладка

зерен плотная, наблюдается локальное их сближение и приспособление друг к другу. Единичные зерна раздроблены без смещения обломков. Встречаются зерна с регенерационной каемкой ожелезнения. Вторичных изменений нет или они слабо выражены. Цемент, составляющий около 10 % объема породы, преобладает опаловый, изотропный, двух типов: 1 – заполнения пор, участками сгустковый (5–10 % от объема пор); 2 – контактовый по стилолитно-сутурным швам.

Для песчаников Липецкой области, залегающих в кровле волчинской свиты, отмечаются регенерационный и крустификационный типы цемента. Наиболее обычным является первый, когда окатанные и полуокатанные зерна обрастают регенерационными каёмками позднего кварца, заполняя пустоты. Крустификационный цемент встречается редко. Он образован микрозернистым кварцем, формирующим каймы вокруг первичных зерен и иногда заполняющим пустоты между ними. Нередко наблюдаются переходы от мелкозернистых слабо сцементированных песчаников через зернистые плотные разности до сливного кварцитовидного.

Такие переходы связаны со степенью цементации пород. Там, где регенерация слабая и сохранилось большое количество пустот между зёрнами, полых или частично заполненных первичным цементом – тонкодисперсным глинистым веществом, порода представлена слабо сцементированным сахаровидным песчаником. Если же степень цементации увеличивается, то зерна кварца за счет нарастания регенерационных каемок приобретают неправильную форму, количество пустот резко сокращается и порода переходит в кварцитовидный песчаник.

По степени и типу цементации среди аптских песчаников следует выделять три основные структурно-текстурные разновидности: кварцитовидные сливные песчаники, сахаровидные (кварцевые) и глинистые слабо уплотненные. Последняя представляет собой глинистый песчаник, заполняющий трещины или прослой среди кварцитовидных и сахаровидных. Песчаники на глинистом цементе разрушаются даже при легком воздействии на них.

Сахаровидные разности, имеющие прочность не более 800–1000 кг/см<sup>3</sup>, образуют самостоятельные линзы и прослой либо слагают приконтактные зоны среди кварцитовидных. Кварцитовидные сливные песчаники, наиболее развитые в разрезах апта, являются полностью перекристаллизованными

и представляют интерес в качестве облицовочного камня. Главное, что ценится в песчаниках при реставрационных работах, – это белизна, свойство, которое наиболее отчетливо проявляется в пиленой фактуре или после грубой шлифовки.

Основные физико-механические и декоративные свойства кварцитовидных песчаников и номенклатура изделий из них определяет широкий спектр использования этого вида сырья. Это облицовочные плиты, элементы садово-парковой архитектуры и городских благоустройств, изделия для реставрационных работ и художественного убранства (бруски, пластины, базы колонн, детали каминов и т.д.), камни бортовые пиленые и колотые, скульптурные работы и т.д.

Вопросы генезиса песчаников аптского яруса до сих пор являются слабо разработанными и в основном решаются умозрительно. Очевидно, здесь применима та же генетическая модель, что и для палеогеновых песчаников, предложенная И.А. Шамраем [14] и связывающая процесс цементации с испарением подземных вод, выходящих на песчаных склонах. А.Д. Савко [15] конкретизирует генезис песчаников, относя их к пластово-инфильтрационным (подземно-водным) и связывая с процессами эпигенеза. Определяющими процесс цементации являются динамика подземных вод и гидрохимические барьеры, в особенности замедленная циркуляция через тонкозернистые и глинистые пески, при которой растворенный в воде кремнезем успевал реагировать с поверхностью кварцевых зерен и осаждался в виде регенерационных каемок и выполнений пор. Поскольку условия залегания для этого процесса в виде зон аэрации и водоносных горизонтов появились только при континентальном режиме в миоцене, можно считать, что образование песчаников продолжалось длительное время – около 20 млн лет. В пользу этой концепции указывают следующие литологические признаки: 1 – состав и характер цемента – опаловый, преимущественно поровый; 2 – ненарушенное залегание кварцевых зерен в породе – без дробления, коррозии и часто без ориентировки; 3 – отсутствие минеральных новообразований. Важным генетическим признаком является пространственная приуроченность песчаников к древним склонам, выработанным в миоценовую эпоху. Выявленные особенности распространения и генезис аптских песчаников позволяет прогнозировать перспективные на их поиски площади в определенных полях развития рассматриваемых отложений.



### Выводы

Аптские отложения Воронежской антеклизы, среди которых преобладают песчаные, образовались за счет размыва высокозрелых пород кор выветривания и продуктов их переотложения, развитых на юге рассматриваемой структуры. Формирование аптских пород происходило в различных условиях – континентальных (русловые, пойменные, озерно-болотные фации), лагунно-морских и мелководно-морских с различными гидродинамическими режимами обстановках. Это определило формирование помимо рассмотренных ранее огнеупорных и керамических глин различных видов полезных ископаемых, связанных с песчаными породами. Это цирконий-титановые россыпи, стекольные, формовочные, строительные пески.

Затем аптские отложения были перекрыты верхнемеловыми и палеогеновыми морскими образованиями и только в неоген-четвертичное время были выведены на дневную поверхность. В позднепалеогеновую-раннеогеновую эпоху корообразования (полтавское время) на севере территории образовались цветные пески (южнее располагалось море). При позднеогеновом-четвертичном рельефообразовании в результате гидрогеологических процессов на склонах сформировались кварцито-видные песчаники в местах выхода подземных вод. И наконец, в местах залегания ледниковых отложений на аптские, при воздействии восстановительно-кислых вод в позднечетвертичное время окисное железо переводилось в закисное, выносилось из песков с образованием их стекольных разностей.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 годы» ГК 16.515.11.5018

### ЛИТЕРАТУРА

1. Савко А. Д. Минералогия аптских отложений Воронежской антеклизы. Статья 1. Огнеупорные и керамические глины / А. Д. Савко [и др.] // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Геология. – Воронеж, 2011. – № 2. – С. 116–136.

2. Савко А. Д. Литология и полезные ископаемые аптских отложений междуречья Дон–Ведуга–Девица / А. Д. Савко, В. П. Михин, Г. В. Холмовой // Труды на-

учно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2004. – Вып. 26. – 111 с.

3. Андреев В. В. Естественные отделочные и облицовочные материалы из осадочных пород северо-востока Воронежской антеклизы / В. В. Андреев, А. Д. Савко // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2003. – Вып. 15. – 94 с.

4. Хожайнов Н. П. Фации аптской дельты Воронежской антеклизы / Н. П. Хожайнов // Литология терригенных толщ фанерозоя Воронежской антеклизы. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1979. – С. 3–26.

5. Савко А. Д. Титан-циркониевые россыпи Центрально-Черноземного района / А. Д. Савко [и др.]. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1995. – 148 с.

6. ГОСТ 22551-77. Песок кварцевый, молотые песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности. Технические условия. – М., 1977. – 11 с.

7. Бушинский Г. И. О выветривании, промывном гидролизе и проточном диагенезе / Г. И. Бушинский // Литология и полезные ископаемые. – 1977. – № 6. – С. 32–43.

8. Станкевич И. Г. Люберецкие стекольные пески / И. Г. Станкевич // Разведка недр. – 1938. – № 1. – С. 23–29.

9. Саментовский Ю. В. Минеральное сырьё. Материалы формовочные / Ю. В. Саментовский, Г. Г. Шабанбеков. – М. : Геоинформмарк, 1999. – 18 с.

10. ГОСТ 29234.3. Пески формовочные. Методы определения среднего размера зерна и коэффициента однородности. – М., 1992. – 5 с.

11. ГОСТ 2138-91. Пески формовочные. Методы испытаний. М., 1992. – 5 с.; Общие технические условия. – М., 1992. – 8 с.

12. Савко А. Д. Эпохи корообразования в истории Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1979. – 120 с.

13. ГОСТ 3584-73. Песок для строительных работ. Технические условия. – М., 1993. – 10 с.

14. Шамрай И. А. Кремнистые породы юго-востока Русской платформы и условия их образования / И. А. Шамрай // Литология и полезные ископаемые. – 1965. – № 2. – С. 18–29.

15. Савко А. Д. Основные типы и факторы формирования месторождений в осадочном чехле положительных структур древних платформ / А. Д. Савко // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 1997. – № 4. – С. 117–131.

Воронежский государственный университет  
А. Д. Савко, профессор, заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии, доктор геолого-минералогических наук, заслуженный геолог России  
Тел. 8 (473) 220-86-34, 8-499-230-82-24  
savko@geol.vsu.ru

Voronezh State University  
A. D. Savko, professor, Head of the Historical Geology and Paleontology Chair, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Celebrated geologist of Russia  
Tel. 8 (473) 220-86-34, 8-499-230-82-24  
savko@geol.vsu.ru

*А. Д. Савко, А. В. Крайнов, Д. Н. Давыдов, В. Ю. Ратников*

*А. В. Крайнов, ведущий инженер НИИ Геологии, аспирант кафедры исторической геологии и палеонтологии  
Тел. 8-952-548-47-72  
lehakrayhome@mail.ru*

*A. V. Krajnov, the engineer of scientific research institute of Geology  
Tel. 8-952-548-47-72  
lehakrayhome@mail.ru*

*Д. Н. Давыдов, ведущий инженер НИИ Геологии, аспирант кафедры исторической геологии и палеонтологии  
Тел. 8-960-112-37-42  
franceaisDm@mail.ru*

*D. N. Davydov, the engineer of scientific research institute of Geology  
Tel. 8-960-112-37-42  
franceaisDm@mail.ru*

*В. Ю. Ратников, профессор кафедры исторической геологии и палеонтологии, доктор геолого-минералогических наук  
Тел. 8-952-540-55-72  
vratnik@yandex.ru*

*V. Yu. Ratnikov, Professor of the Historical Geology and Paleontology Chair, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences  
Tel. 8-952-540-55-72  
vratnik@yandex.ru*