

## МИНЕРАГЕНИЯ АПТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ. Статья 1. Огнеупорные и керамические глины

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

*Воронежский государственный университет*

*\*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН)*

*Поступила в редакцию 14 сентября 2011 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 статье 1 рассмотрены огнеупорные и керамические глины. Выявлена зависимость их технологических свойств от минерального состава. С помощью прецизионных методов получены новые доказательства влияния «проточного диагенеза» на формирование огнеупорных глин.

**Ключевые слова:** глинисто-песчаные отложения, фациальные обстановки, апт, тугоплавкие глины, огнеупорные глины, каолинит.

**Abstract.** There are considered apt argillo-arenaceous adjournment of Voronezh anteclize. Formations of apt circle of continental and lagoonal -sea genesis are extended on large territory parts of anteclize and have erosive borders on the considerable area. Feature of apt argillo-arenaceous breeds is high degree of differentiation of their material structure. Presence in apt a century various facial conditions, high degree of differentiation of sedimentary substance promoted formation of deposits of various kinds of minerals, including ceramical clay, forming, glass and building sand, scatterings heavy minerals.

**Key words:** argillo-arenaceous adjournment, facial conditions, apt, refractory clay, refractory clay, kaoline

### Введение

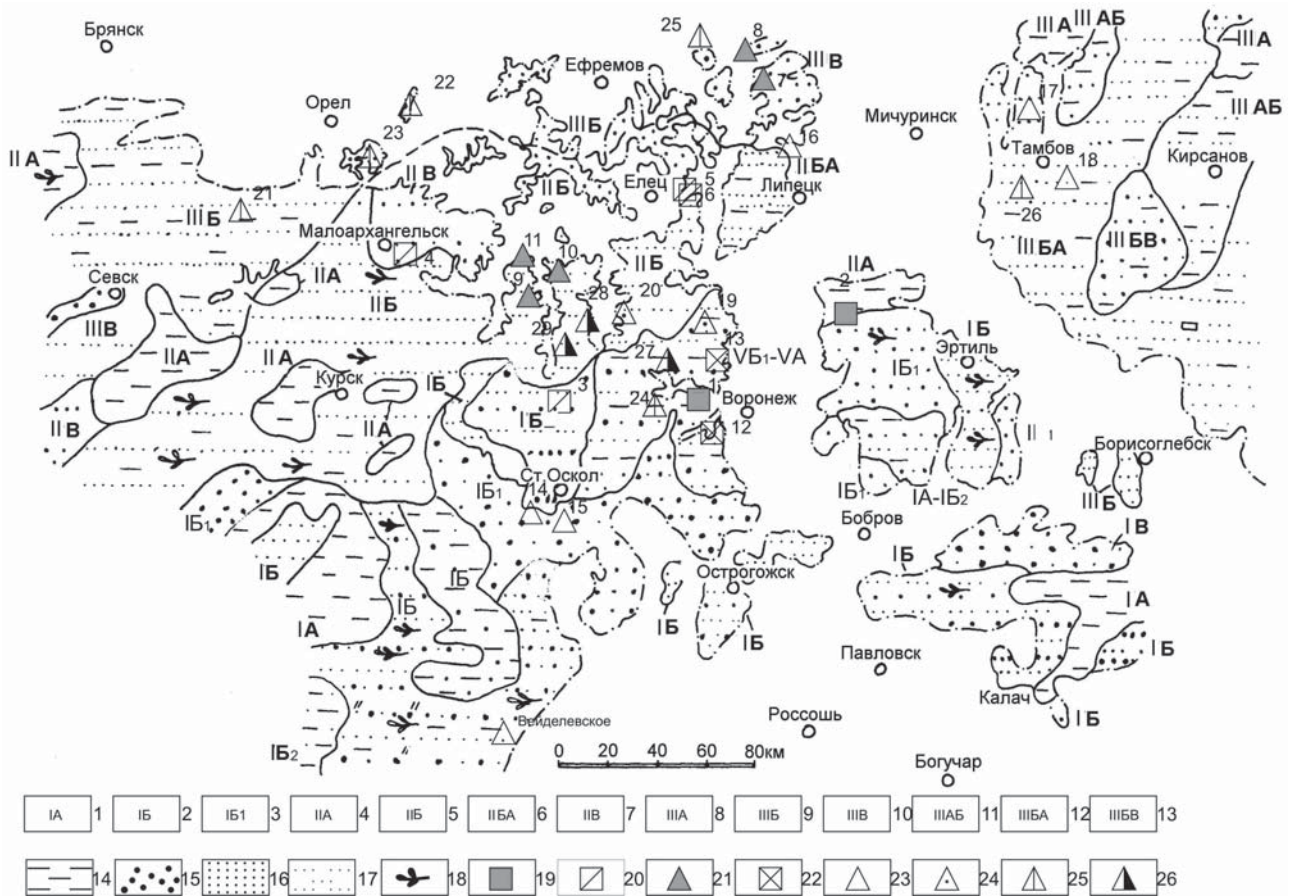
В пределах территории Воронежской антеклизы широко развиты неглубоко залегающие аптские глинисто-песчаные отложения [6], образовавшиеся за счет размыва высокозрелых пород, в том числе девонской песчано-каолиновой толщи, развитой на юге рассматриваемой структуры. Обломочные толщи апта сложены преимущественно зернами кварца, глинистые – каолинитом с примесью гидрослюд, реже монтмориллонита и небольшого количества полевых шпатов. Формирование аптских пород происходило в различных условиях, сменяющихся с юга на север, – континентальных (русловые, пойменные, озерно-болотные фации), лагунно-морских и мелководно-морских с различными гидродинамическими режимами обстановках. В каждой из них на этапах седиментации формировались определенные виды полезных ископаемых (рис. 1). Это каолиновые глины в континентальных и лагунно-морских фациях, при-

брежно-морские циркон-титановые россыпи в северных краевых частях второй зоны, различные типы песчаных месторождений (формовочные, строительные пески, песчано-гравийные смеси) развитые во всех трёх группах фаций. В настоящей статье рассмотрены огнеупорные и керамические глины.

Сразу после образования песков и глин на аллювиальной равнине в результате «проточного диагенеза», во многом аналогичного корообразованию, произошло их «дозревание» с образованием высокоглиноземистых огнеупорных глин латненского типа, содержащих гиббсит [3]. Севернее, в лагунно-морских обстановках, этот процесс не проявился и там развиты месторождения гидрослюдисто-каолиновых тугоплавких глин [1]. В низовьях аллювиальной равнины, где процессы «проточного диагенеза» были менее эффективны, сформировались глины криушанского типа с пониженными значениями  $Al_2O_3$ , но также в некоторых разностях содержащие гиббсит и относимые к огнеупорным пониженного качества по сравнению с латненскими.

---

© Савко А. Д., Новиков В. М., Крайнов А. В., Давыдов Д. Н., Ратников В. Ю., 2011



**Рис. 1.** Фациальная карта аптского времени. Условные обозначения к рис. 1. 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-Гвоздевое; 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

Образования аптского яруса континентального и лагунно-морского генезиса распространены на большей части территории антеклизы и на значительной площади имеют эрозионные границы. Севернее широты Воронежа аптские отложения залегают неглубоко (до 50 м на водоразделах) и выходят на поверхность по долинам рек и оврагам. Южнее они находятся на значительных глубинах и не вскрыты эрозионными процессами. Аптские

породы залегают на неровной поверхности неокомских, реже девонских образований. Неокомский подъярус обычно представлен темно-серыми глинистыми алевритами с алевритистыми глинами, реже мелкозернистыми алевритово-глинистыми песками, девонские отложения – глинисто-карбонатными породами верхнефранского яруса. На аптских отложениях залегают глауконит-кварцевые пески альбского и сеноманского возрастов, мел

туронского яруса, пески, глины, суглинки квартера. Последние в пределах неоген-четвертичных врезов непосредственно перекрывают аптские отложения. В северной части территории развития аптских образований верхнемеловые отложения обычно отсутствуют.

Особенностью аптских глинисто-песчаных пород является высокая степень дифференциации их вещественного состава. Она обусловлена формированием этих образований за счет размыва кор выветривания и продуктов их ближайшего переотложения. Значительную роль при этом играло «дозревание» вещества на аллювиальных равнинах в условиях теплого гумидного климата при наличии большого количества органического вещества. Поэтому песчаные породы имеют практически мономинеральный кварцевый состав, а в глинах резко повышены количества каолинита и в них может присутствовать гиббсит. При выветривании происходило высвобождение устойчивых тяжелых минералов, которые выносились в морские бассейны, где могли формироваться циркон-титановые россыпи.

Наличие в аптском веке разнообразных фациальных обстановок, высокая степень дифференциации осадочного вещества способствовали формированию месторождений различных видов полезных ископаемых, в том числе керамических глин, формовочных, стекольных и строительных песков, россыпей тяжёлых минералов. Оно продолжалось и в последующее время, когда в процессах эпигенеза возникали благоприятные обстановки для образования тех или иных видов минерального сырья. К ним относятся огнеупорные глины, высококачественные стекольные и цветные отделочные пески, кварцитовидные песчаники. Поэтому прогнозирование различных полезных ископаемых на фациальной основе с использованием стадийного анализа является важнейшей задачей обеспечения наращивания минерально-сырьевой базы в этой густонаселенной части Центральной России с высоким уровнем развития производительных сил и наличием разветвленной инфраструктуры.

### Огнеупорные глины

Развиты в пределах поля распространения континентальных отложений апта. Известно Латненское месторождение на правом берегу Дона и Криушанское в 110 км восточнее Воронежа (см. рис. 1). Первое разрабатывается с начала прошлого века, второе разведано в шестидесятых годах прошлого века, но из-за глубокого залегания по-

лезной толщи и её обильной обводненности его разработка на настоящее время не рентабельна.

На Латненском месторождении (рис. 2), включающем несколько участков, глины мощностью до 9 м в виде овально-вытянутых линз шириной от сотен метров и длиной в первые километры залегают среди одновозрастных аллювиальных песков (рис. 3) и имеют озерный и озерно-болотный генезис. Мощность продуктивной толщи достигает 30 м. Распространены глины не повсеместно, по простиранию и разрезу могут переходить в алевриты и пески, и располагаются преимущественно в средних частях разрезов, находясь в «висячем» положении в аллювиальной толще на разных уровнях. Они могут залежать непосредственно на русловых песках, на мелко-среднезернистых песках прирусловых отмелей и валов, среди пойменных «пастиловидных» песков, на неокотских глинах и фациально замещаются песками разных типов. Обычно глинистые породы переслаиваются с песками, алевритами, лигнитами. Петрографический состав глин неоднороден и определяется соотношениями глинистого, песчаного и углистого вещества.

Среди глин выделено несколько литологических разновидностей, в том числе: 1 – серые, преимущественно пластичные, реже песчанистые, иногда ожелезненные (0,05–2,1 м); 2 – темно-серые, пластичные, реже песчанистые (0,1–1,6 м); 3 – светло-серые, преимущественно песчанистые, реже пластичные (0,25–2,5 м); 4 – черные жирные, пластичные, часто запесоченные и ожелезненные (0,1–1,6 м); 5 – пестро-окрашенные от светло-желтых до коричневых, сильно ожелезненные, песчанистые (0,1–0,7 м); 6 – запесоченные непластичные; 7 – углистые. Определенных закономерностей распределения литологических разновидностей в вертикальном разрезе не установлено, преобладают серые пластичные глины (до 60 % от общей мощности полезной толщи). Вещественный состав глин освещен в серии публикаций [3–5] и здесь приведена его краткая характеристика.

**Минеральный состав.** По данным дифрактометрии в глинистой фракции размерностью менее 0,005 мм в составе изученных глин преобладает каолинит (рефлексы 7,18 и 3,57 Å), присутствует примесь монтмориллонита (рефлекс 15 Å в сухом, 18 Å в насыщенном глицеринном образце), гиббсита (4,84 Å), гидрослюды (10 Å), смешанослойного минерала (12,2 Å) (рис. 4).

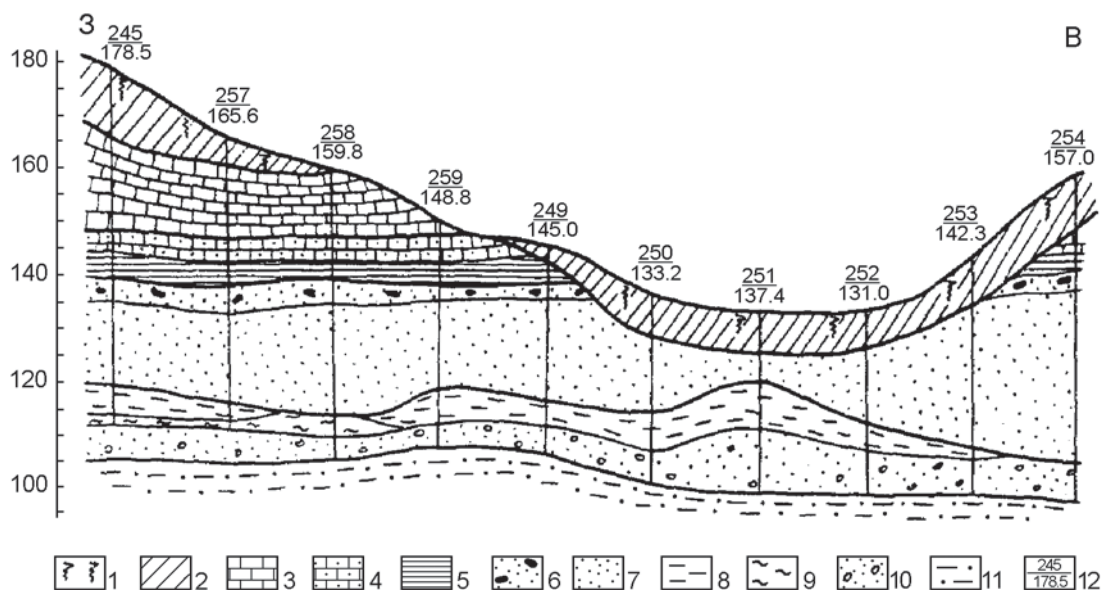
В глинах содержится кварц и углистое вещество, соотношение которых варьирует в широких пределах, особенно при переходах глин в глини-



**Рис. 2.** Схема расположения Латненского месторождения: а – положение месторождения на карте РФ; б – положение месторождения на карте ЦФО; в – схема расположения площади развития огнеупорных глин и добывающих карьеров в пределах Латненского месторождения [6]; 1 – действующие карьеры: I – Стрелица ближняя, II – Белый Колодец; III – Средний; 2 – отработанные карьеры; 3 – площади развития огнеупорных глин

тые пески и лигниты. В незначительных количествах имеются сульфиды, оксиды железа и титана. Гиббсит определяется только дифрактометрическим, а последние три минерала как микроскопическим, так и микронзондовым методами. Состав глинистых минералов по площади месторождения меняется.

Наиболее чистые каолиновые глины (содержание гидрослюда и монтмориллонита составляет первые проценты, незначительная примесь гиббсита) отмечены в карьере Стрелицкий. Глины из карьеров Ендов Лог и Средний характеризуются значительным содержанием монтмориллонита (до 30%), в отдельных случаях присутствуют неупо-



**Рис. 3.** Геологический разрез участка Хохол–Дон Латненского месторождения огнеупорных глин [6]: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – моренные отложения (Q); 3 – мел плотный ( $K_2t$ ); 4 – мел песчаный ( $K_2s$ ); 5 – глина плотная ( $K_2s$ ); 6 – песок с желваками фосфоритов ( $K_2s$ ); 7 – песок кварцевый ( $K_1a$ ); 8 – глина огнеупорная ( $K_1a$ ); 9 – алевриты глинистые ( $K_1a$ ); 10 – песок с гравием ( $K_1a$ ); 11 – глина песчаная ( $K_1n$ ); 12 – номер скважины (числитель) и абсолютная отметка ее устья (знаменатель)

рядоченно смешанослойные образования. К западу и северу от Латненского месторождения глины аптского яруса имеют гидрослюдисто-каолинитовый состав.

В результате проведенных методом СЭМ исследований (рис. 5) установлено, что минеральное вещество латненских глин состоит из трех фаз – кристаллической, аморфной и биоморфной. Все три фазы (в тех или иных соотношениях) формируются последовательно и (или) одновременно и могут переходить одна в другую. Кристаллическая фаза представлена терригенными минералами – обломками вермикулярного каолинита, кварца, полевого шпата и др., а также аутигенными – каолинитом, монтмориллонитом, гиббситом. Вермикулярный каолинит содержит небольшую примесь калия (см. рис. 6), унаследованного из полевого шпата. Аморфная фаза выражена в виде гелевидных масс и пленочных образований. Гелевидное вещество образует натечные текстуры. Наблюдаются также скопления обособленных сгустковых форм. Пленки присутствуют во всех изученных пробах и характеризуются плоскими, бугорчатыми и гребневидными поверхностями. Часто они разбиты трещинами усыхания на отдельные фрагменты, образующие мозаичную картину. По трещинам наблюдается завертывание рваных краев пленки. Судя по морфологическим признакам пленок мож-

но предположить, что их развитие протекало, в частности, по древесине (плоские, бугорчатые) и гелевидному веществу (гребневидные). Встречаются многослойные пленки. Содержание аморфной фазы значительно. При «распускании» глин в воде образуются стойкие коллоиды. Биоморфная фаза представлена минеральными псевдоморфозами по древесине и минерализованными бактериальными формами. Всё это свидетельствует о процессах изменения глин в постседиментационных процессах.

Следует отметить невыдержанность глин по составу в разрезе, частую смену их разновидностей, обусловленную меняющейся примесью кварцевого и углистого материала. Существенно мономинеральный каолинитовый состав огнеупорных глин обусловлен процессами «проточного» диагенеза полиминеральных глин, хотя и с преобладающей каолиновой компонентой, в пределах аллювиальной равнины в восстановительно-кислых условиях старичных болот, богатых органикой [5]. По направленности этот процесс сходен с процессами выветривания, при которых происходит вынос щелочей, щелочноземельных элементов, кремния силикатов. При «проточном» диагенезе также выносятся железо, приобретающее подвижность в восстановительных условиях благодаря его переводу в двухвалентную форму.

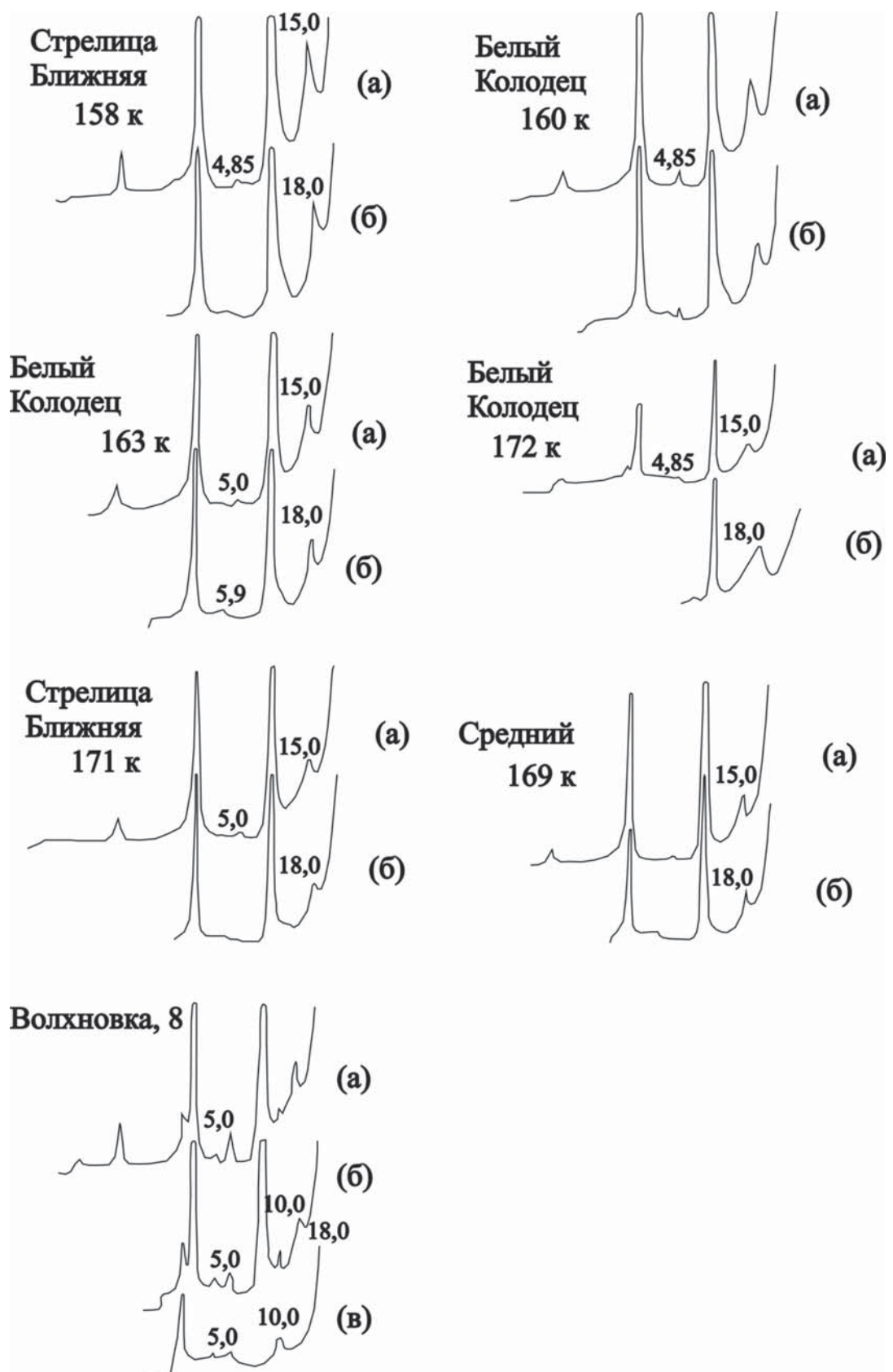
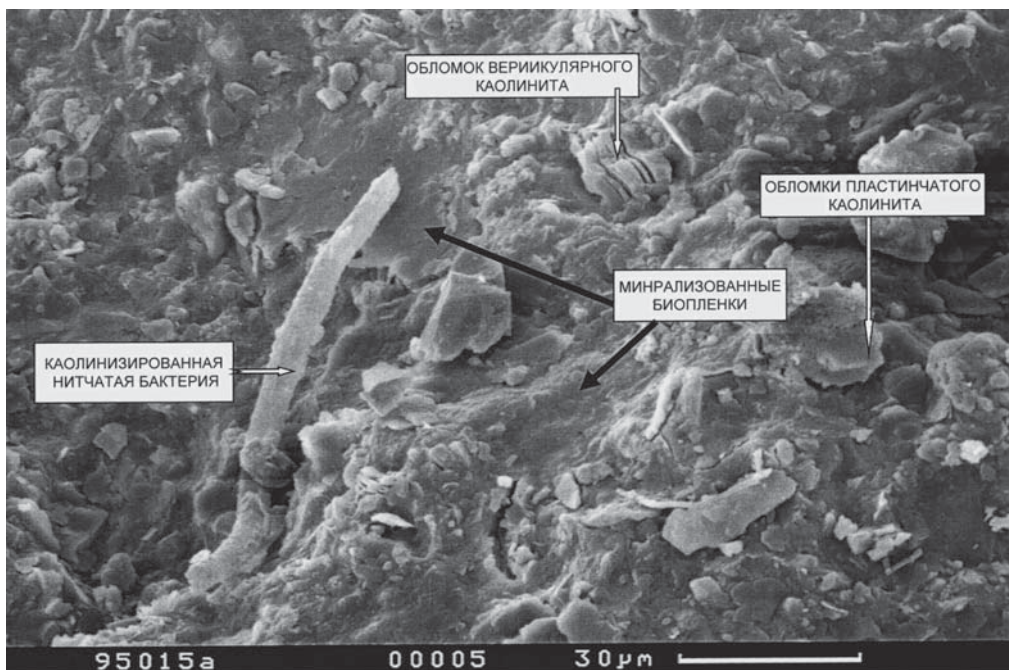
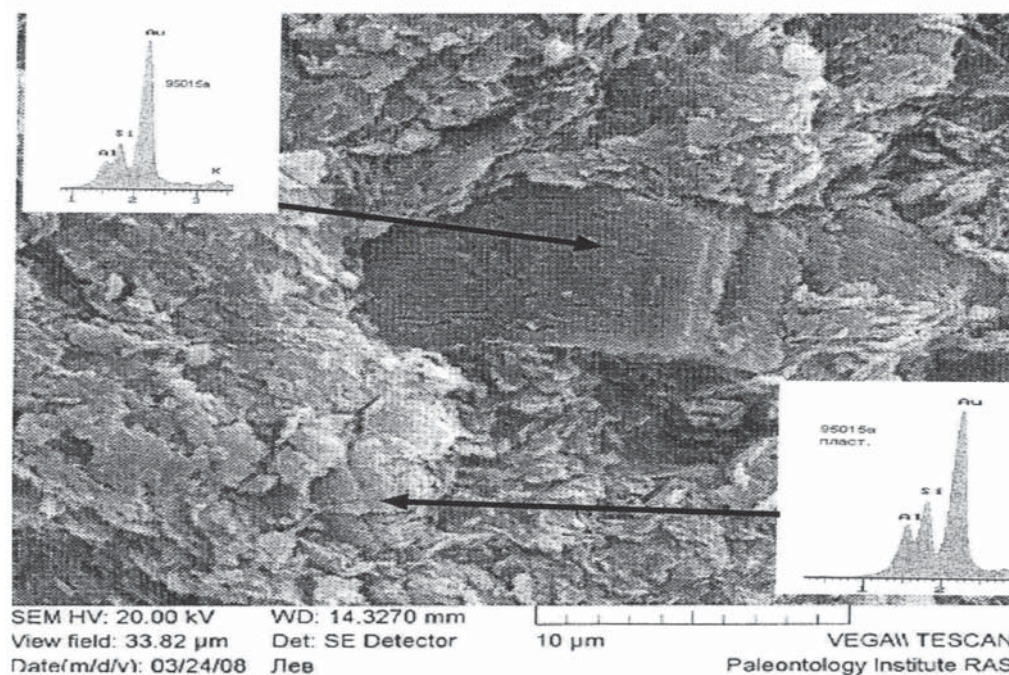


Рис. 4. Дифрактограммы фракции менее 0,005 мм. Образцы: а – в естественном состоянии; б – насыщенные глицерином; в – прокаленные до 600 °С. Числовые значения в Å



А



Б

Рис. 5. Общий вид глины Латненского месторождения (А), аутигенный вермикулярный каолинит в массе обломочного пластинчатого каолинита (Б)

Результаты детального изучения глин Криушанского месторождения (рис. 6) на левобережье Дона [3], сходных по макроскопическим признакам с латненскими, свидетельствует об их полиминеральном составе. Наиболее распространены гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовые, менее монтмориллонит-каолинитовые, изредка среди

алевритистых и запесоченных глин встречаются гидрослюдисто-каолинитовые.

Характерной особенностью глин Криушанского месторождения является широкое присутствие в них смешанослойных минералов типа гидрослюда + монтмориллонит и монтмориллонит + каолинит, которые в некоторых разрезах являются вто-

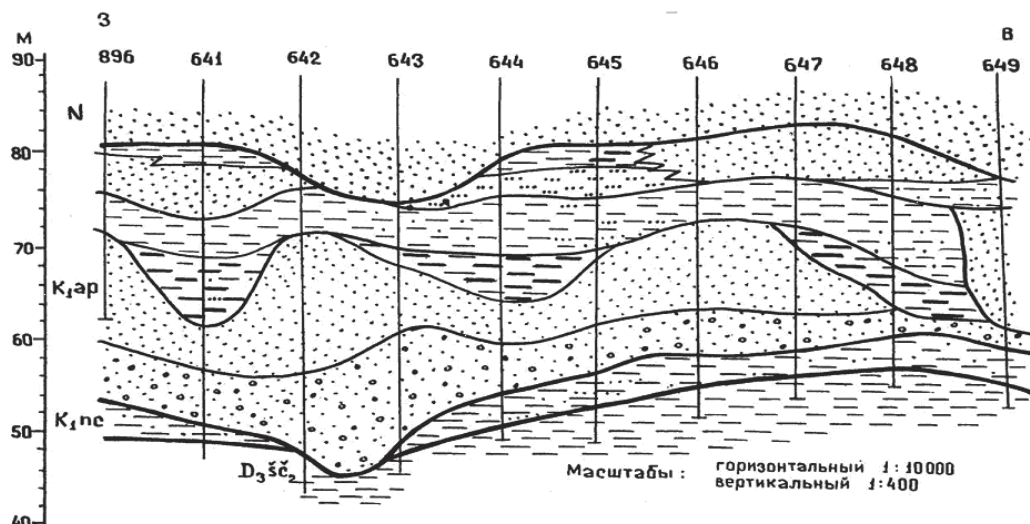


Рис. 6. Геологический разрез Криушанского месторождения огнеупорных глин. Составили А. Д. Савко, В. М. Сташков. Условные обозначения см. на рис. 3

рыми после каолинита породообразующими минералами. Смешанослойные минералы определяются по рефлексу 12,5–13,8 Е, смещающимся до 14–15 Е при насыщении образца глицерином.

Нередко отмечаются гипсбит и тонкокристаллический кварц, являющиеся продуктами синтеза при «промывном» диагенезе [2]. Такой состав сви-

детельствует о меньшей переработке глин в этом процессе для Криушанского месторождения по сравнению с Латненским.

**Химический состав.** В зависимости от химического состава глин выделяются семь технологических сортов глин (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав каолинистых глин (%)

Сорт	ппп	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
ЛТ-О	17,2	44,54	34,3	1,82	0,22	< 0,1	0,62	0,32	0,001	0,87	0,034	< 0,05
ЛТ-1	15,0	49,1	31,22	2,78	0,17	< 0,1	0,51	0,41	0,002	0,73	0,027	< 0,05
ЛТ-2	15,8	57,95	32,64	1,93	0,19	< 0,1	0,39	0,26	0,003	0,76	0,026	< 0,05
ЛТ-3	14,7	50,72	29,82	2,77	0,19	< 0,1	0,49	0,39	0,001	0,83	0,036	< 0,05
ЛТПК	11,9	59,93	24,59	1,38	0,57	< 0,1	0,33	0,23	0,009	0,93	0,027	< 0,05
ЛТК	14,2	64,94	17,19	1,8	0,19	< 0,1	0,53	0,25	0,003	0,81	0,039	< 0,05
ЛТУ	34,8	35,15	24,5	1,2	0,15	< 0,1	2,52	0,31	0,007	1,16	0,046	0,08
ЛТУ	38,3	31,08	25,33	1,17	0,16	< 0,1	2,34	0,41	0,008	0,94	0,056	0,11

Их отнесение к тому или иному сорту определяется соотношением Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> и SiO<sub>2</sub>, количеством железа, ухудшающим качество сырья. Носителями глинозема являются глинистые минералы и гипсбит, кремнезема – кварц и глинистая составляющая (силикатный кремнезём), железа – пирит, в незначительной степени оксиды железа, тита-

на – ильменит, мелкие выделения которого всегда присутствуют в породе. Глины объединены в основные, полукислые и кислые сорта.

1. Глины сортов ЛТ-О и ЛТ-1 пластичные с потерей при прокаливании 12–18 %, содержащие на прокалённый вес 39–49 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> и менее 1,5 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, имеющие огнеупорность 1730<sup>0</sup> и выше,



хорошо спекающиеся при 1400<sup>0</sup>, пригодные для изготовления шамотных изделий класса А высшего качества, относящиеся к первому особому или первому сортам. Эти наиболее чистые глины помимо каолинита содержат монтмориллонит и гиббсит, являются наиболее проработанными процессами «проточного» диагенеза в восстановительно-кислых условиях верховых болот. Гиббсит увеличивает содержание глинозема в породе, а монтмориллонит является плавнем, способствующим созданию прочного черепка.

2. Пластичные с содержаниями не ниже 39 %  $Al_2O_3 + TiO_2$  на прокаленное вещество, огнеупорностью 1690–1730<sup>0</sup>, спекающиеся при температуре 1400<sup>0</sup>, пригодные для изготовления шамотных изделий класса Б, относящиеся к I–II сортам. В отличие от выше охарактеризованных глин в них имеется тонкодисперсный кварц, снижающий содержание  $Al_2O_3 + TiO_2$ , и не всегда присутствует гиббсит

3. Пластичные слабо запесоченные, содержащие 30–35 %  $Al_2O_3 + TiO_2$ , имеющие огнеупорность 1670–1720<sup>0</sup>, не все спекающиеся при обжиге до температуры 1400<sup>0</sup>, пригодные для изготовления рядовых шамотных изделий класса Б, относящиеся к III сорту основных глин. Примесь кварца тонкопесчаной и алевритовой размерности ухудшает качество глин, уменьшая количество глинозема, не смотря на присутствие гиббсита. Последний является индикатором глубоко зашедшего процесса переработки неустойчивых в восстановительно-кислых условиях минералов. К ним, в первую очередь, относится гидрослюда, являющаяся одним из основных компонентов глинистых пород в источниках сноса.

4. Пластичные запесоченные глины, содержащие 24–29 %  $Al_2O_3 + TiO_2$  с огнеупорностью 1670–1720<sup>0</sup>, неспекающиеся при температуре 1400<sup>0</sup>, содержащие до 4 % окиси железа, пригодные

для изготовления полукислых изделий широко ассортимента, относящиеся к полукислым глинам I сорта. Характерной особенностью глин является практическое отсутствие гидрослюда и монтмориллонита, которые при «проточном» диагенезе были преобразованы в каолинит. Это отрицательно сказывается на плавении глин при нагревании.

5. Малопластичные, сильно запесоченные, содержащие 18–25 %  $Al_2O_3 + TiO_2$  с огнеупорностью 1670–1710<sup>0</sup>, дающие пористый черепок при обжиге до 1400<sup>0</sup>, пригодные для изготовления полукислых изделий широкого назначения, относящиеся к полукислым глинам II сорта. Они содержат больше кварца, чем полукислые глины первого сорта.

6. Малопластичные, сильно запесоченные, относящиеся к полукислым глинам III сорта и содержащие 15–18 %  $Al_2O_3 + TiO_2$ , с огнеупорностью 1670–1700<sup>0</sup>, несколько увеличивающиеся в объеме и дающие рыхлый черепок, пригодный для отощающей добавки и для получения рядовых полукислых изделий.

7. Углистые с потерей при прокаливании 25–35 %, содержащие  $Al_2O_3 + TiO_2$  23–40 % и больше, с огнеупорностью 1670–1730<sup>0</sup>, пригодные для производства шамотных изделий разнообразного назначения в зависимости от их состава и назначения. Особенностью углистых глин является постоянное присутствие гиббсита. Это свидетельствует о высокорекреационной среде осадка, богатого органикой.

**Зависимость технологических свойств глин от их минерального и химического состава.** Для выявления зависимости технологических свойств глин от их минерального состава на Латненском месторождении были детально исследованы 17 проб глин из трех карьеров – Стрелица Ближняя, Средний и Белый Колодец (табл. 2) с последующим изучением технологических свойств глинистого сырья из этих проб.

Таблица 2

*Процентные соотношения глинистых минералов во фракции менее 0,005 мм*

Карьер	Номер пробы	Монтмориллонит	Гидрослюда	Каолинит	Гиббсит	Сорт
Стрелица Ближняя	158	20	–	80	–	ЛТ-О
Белый Колодец	160	15	–	80	5	ЛТ-1
Белый Колодец	163	15	–	85	–	ЛТ-2
Белый Колодец	172	10	Сл.	85	5	ЛТ-3
Стрелица Ближняя	171	10	Сл.	90	–	ЛТПК
Средний	169	10	–	90	–	ЛТК
Волхновка	8	–	15	85	–	ЛТК

В результате испытаний выявлено, что глины по засоренности в основной своей части (94,12 %) относятся к группе с низким содержанием включений (остаток на сите 0,5 мм – 0,02 – 0,6 %), а группа с высоким содержанием включений составляет всего 5,88 %. Включения различны по размерам и представлены кварцевыми зёрнами различных размеров и гравием, окисленными конкрециями пирита и марказита (0,5–15 мм), обломками

кристаллических пород (0,5–7 мм), редкими включениями известняков (до 2,5 мм).

По данным гранулометрического состава (табл. 3) выделяется три типа глин: высокодисперсные (51,94 %) с содержанием фракции менее 0,001 мм от 62,44 до 85,80 %, среднедисперсные (23,53 %), с этой же фракцией 42,84–53,76 % и низкодисперсные (24,53 %) – 28,28–36 %.

Таблица 3

Гранулометрический состав глин Латненского месторождения

Карьеры	№ пробы	Зерновой состав в %							Дисперсность	Общая запесоченность
		> 0,5	0,5–0,25	0,25–0,063	0,063–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001		
1	156	0,02	0,2	0,38	3,68	2,8	21,00	71,92	В/д	0,60
2	157	0,1	0,34	0,76	8,96	3,92	14,04	71,88	В/д	1,20
2	158	0,2	0,42	0,58	11,32	5,28	13,16	69,04	В/д	1,20
3	159	0,08	0,2	0,84	3,24	3,00	6,84	85,80	В/д	1,12
1	160	0,02	0,18	0,30	4,66	3,64	13,20	78,00	В/д	0,50
3	161	0,4	1,6	1,50	3,54	5,52	15,00	72,44	В/д	3,50
2	162	0,3	0,34	1,18	2,10	3,28	9,48	83,32	В/д	1,82
1	163	0,3	0,4	1,6	18,76	4,52	12,08	62,44	В/д	2,20
2	164	0,2	0,3	4,5	11,96	7,64	12,44	62,96	В/д	5,00
2	165	0,1	0,2	0,7	27,52	4,92	12,80	53,76	С/д	1,00
1	166	0,11	0,22	1,97	23,34	8,92	17,28	48,16	С/д	2,30
3	167	0,32	0,4	10,0	26,04	4,40	13,56	45,28	С/д	10,72
1	168	0,14	0,1	1,54	37,26	8,96	17,76	34,24	Н/д	1,78
3	169	0,13	0,8	20,47	32,76	4,92	12,64	28,28	Н/д	23,00
1	170	3,1	3,0	16,9	24,80	2,60	15,28	34,32	Н/д	1,36
2	171	0,26	0,18	0,92	42,28	4,08	16,28	36,00	Н/д	1,36
1	172	1,04	0,2	0,56	18,92	8,36	28,08	42,84	С/д	1,80

Примечание. Карьеры: 1 – Белый Колодец; 2 – Стрелица Ближняя; 3 – Средний. В/д – высоко-, С/д – средне-, Н/д – низкодисперсная.

Запесоченность глин колеблется от 0,5 до 23 % и некоторые из них представляют песчано-алевритово-глинистую породу (проба 169), либо песчано-алевритистую (167), либо слабозапесоченную алевритистую глину (165, 166, 168, 170, 171). Практически все глины алевритистые, а количество фракций 0,063–0,01 и 0,01–0,005 мм колеблется от 13 до 50 %. Низкая дисперсность глин определяется высоким содержанием кварцевой алевритовой примеси. В высокодисперсных глинах, как правило, количества монтмориллонита повышены.

Пластичность напрямую не связана с дисперсностью. Так, к умереннопластичным относятся и высоко-, и средне-, и низкодисперсные глины. Не отмечается определенной зависимости между степе-

пенью запесоченности и пластичности глин, поскольку для одной и той же группы пластичности содержание песчаной фракции может колебаться от 1,36 до 23 %. Вместе с тем наибольшее число пластичности у глины с высоким содержанием монтмориллонита (35 %). В умереннопластичных глинах его количество понижено и обычно не достигает 10 %.

Наличие примесей и минеральный состав глин влияют на их пластичность. По определениям пластичности (табл. 4) большая часть глин относится к средне- (число пластичности 15,44–23,45) и умереннопластичным (9,45–14,60) – по 47,06 % и только одна проба (159) – к высокопластичным (число пластичности 27,49).

## Результаты определения пластичности глин

№ п/п	Карьер	Геол. № пробы	Пластичность			Группа
			Нижний предел текучести	Граница раскатывания	Число пластичности	
1	1	156	54,32	32,46	21,86	Среднепластичная
2	2	157	54,74	32,52	22,22	–
3	2	158	50,75	28,14	22,61	–
4	3	159	58,94	31,45	27,49	Высокопластичная
5	1	160	52,22	31,71	20,51	Среднепластичная
6	3	161	46,57	28,49	18,08	–
7	2	162	54,77	31,32	23,45	–
8	1	163	50,21	27,27	22,94	–
9	2	164	41,61	27,01	14,60	Умереннопластичная
10	2	165	41,47	27,30	14,17	–
11	1	166	40,41	25,81	14,60	–
12	3	167	36,46	23,38	13,08	–
13	1	168	38,06	25,60	12,46	–
14	3	169	36,61	23,14	13,47	–
15	1	170	27,77	18,32	9,45	–
16	2	171	37,60	25,01	12,59	–
17	1	172	54,88	39,44	15,44	Среднепластичная

Примечание. Карьеры: 1 – Белый Колодец, 2 – Стрелица Ближняя, 3 – Средний.

Одним из важнейших технологических параметров керамических изделий является *спекаемость*. При этом интервал спекания, когда происходит образование кристаллизационных структур в формируемом изделии, должен быть не менее 200 °С. Глины, не обладающие таким интервалом спекания, могут быть использованы при введении соответствующих добавок, регулирующих этот интервал. При обжиге глины должны иметь плотный спекшийся черепок без деформаций, пятен и выплавов. Спекаемость определяется по количеству воды, поглощенной образцами при обжиге на разные температуры. Этот параметр находится в зависимости от химического состава глин.

Наибольшим интервалом спекаемости обладают глины с повышенным содержанием глинозема, низким кремнезема, с большим количеством каолинита, небольшим кварца, имеющие высокую дисперсность (свыше 45 %), незначительное количество грубозернистых фракций. При дальнейшем повышении температуры обжига в зависимости от увеличения содержания  $Fe_2O_3$ ,  $CaO + MgO$

может произойти резкое вспучивание глин, что является отрицательным свойством как для огнеупорных, так керамических глин. Объемный вес формируемых образцов при спекании равномерно увеличивается в зависимости от уменьшения водопоглощения и увеличения температуры обжига. Предел прочности на сжатие у готовых изделий из сильноспекающихся глин достаточно высокий и колеблется в пределах от 530 до 1160 кг/см<sup>2</sup>. Изменение прочности изделий аналогично поведению спекаемости. При увеличении содержания каолинита прочность изделий несколько уменьшается.

Изучение спекаемости латненских глин по полной усадке, водопоглощению и кажущейся плотности при температурах от 1000 до 1450° (табл. 5) позволило выделить три группы, характеристика которых приведена в табл. 6. Глины первой группы спекаются до водопоглощения 2 % при температуре 1250 °С. Их отличают высокие содержания глинозема (табл. 7), повышенное количество монтмориллонита, высокая дисперсность.

Таблица 5

Результаты определения спекаемости

№ п/п	№ проб	Формовочная влажность, %	Возд. усадка, %	Полная усадка, % при температуре, °С									
				1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450
1	156	> 180	8,2	10,0	11,4	12,5	16,0	18,0	19,6	19,8	20,0	21,0	22,0
2	157	–	7,4	9,8	10,0	10,20	12,8	15,4	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0
3	158	–	6,8	9,4	9,6	9,8	11,6	15,8	17,4	18,1	18,1	18,25	18,4
4	159	–	9,8	11,6	12,4	13,6	15,0	18,0	20,8	20,9	21,0	21,5	21,65
5	160	–	9,6	11,2	12,0	15,0	17,2	19,2	20,4	20,8	21,2	22,0	23,0
6	161	–	7,8	10,0	10,0	10,2	12,0	14,4	17,0	18,4	19,0	19,2	19,4
7	162	–	8,6	10,4	12,8	15,0	17,0	17,6	18,4	19,0	19,5	20,0	21,4
8	163	–	8,0	10,6	10,8	11,0	12,4	14,0	15,0	16,8	17,0	17,6	18,0
9	164	–	7,6	8,4	8,4	8,6	10,0	10,8	12,0	14,0	16,0	16,5	17,0
10	165	–	7,4	7,8	8,4	9,0	10,0	12,8	14,4	15,2	16,0	16,8	17,6
11	166	–	7,0	7,2	7,4	7,6	8,0	9,8	11,6	11,8	12,0	12,5	13,0
12	167	–	6,4	7,6	8,0	8,4	8,8	9,4	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
13	168	–	6,6	7,4	7,4	7,6	8,0	9,0	10,0	10,2	11,0	11,5	12,0
Водопоглощение, %													
1	156	>180	8,2	24,61	20,88	19,90	12,39	11,28	2,17	1,80	1,79	1,01	0,44
2	157	–	7,4	20,53	20,55	19,90	14,77	7,32	2,13	1,80	1,15	0,75	0,33
3	158	–	6,8	22,40	22,44	20,48	16,45	10,37	2,01	1,73	1,10	0,69	0,39
4	159	–	9,8	21,01	20,44	19,46	7,93	1,76	0,58	0,55	0,51	0,44	0,39
5	160	–	9,6	22,66	22,57	22,50	10,22	8,69	2,15	1,88	1,76	0,50	0,04
6	161	–	7,8	21,26	20,57	20,34	18,75	13,83	7,22	4,96	3,24	1,44	0,48
7	162	–	8,6	22,45	18,95	17,36	15,11	13,56	3,91	3,66	2,54	1,50	0,72
8	163	–	8,0	19,89	19,54	19,21	11,47	9,72	7,94	6,11	5,14	1,90	1,87
9	164	–	7,6	19,89	19,88	19,07	17,62	16,9	13,62	9,14	6,74	6,04	5,52
10	165	–	7,4	20,58	19,34	18,71	13,55	10,22	8,15	7,28	6,97	5,00	2,77
11	166	–	7,0	20,02	19,70	18,94	17,77	13,73	12,6	11,51	9,72	7,00	6,47
12	167	–	6,4	18,43	18,20	18,04	16,81	14,79	14,39	12,75	10,05	8,48	7,64

Таблица 6

Характеристика латненских глин по спекаемости

№ группы	Внешний вид и физико-керамические свойства черепка глин, обожженных при t = 1350°	Номер проб
I. Среднетемпературного спекания, сильноспекающиеся	Черепок светло-бежевый с серым оттенком, поверхность гладкая, грани ровные. Полная усадка более 20 %, водопоглощение менее 2 %, у пробы 162–3,91 %	156, 157, 158, 159, 160, 162
II. Высокотемпературного спекания, среднеспекающиеся	Черепок аналогичен черепку группы I с водопоглощением от 2 до 5 % и полной усадкой 17–19 %	161, 163
III. Высокотемпературного спекания, среднеспекающиеся и неспекающиеся	Черепок светлый с кремовым оттенком, с гладкой или слегка шероховатой поверхностью. Полная усадка 7,60–19,0 %, водопоглощение выше 5 %	164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

Таблица 7  
Сокращенный химический анализ глин

№ проб	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	П.п.п.	Сорт
156	37,5	1,16	13,9	ЛТ1
157	38,6	1,08	12,8	ЛТ1
158	40,3	1,20	13,3	ЛТО
159	37,3	1,12	12,8	ЛТ1
160	38,1	1,12	13,8	ЛТ1
161	34,6	0,96	11,7	ЛТ2
162	39,1	1,12	13,2	ЛТО
163	34,3	1,04	12,5	ЛТ2
164	33,1	1,08	11,1	ЛТ2
165	34,5	1,48	12,1	ЛТ2
166	29,5	1,08	10,4	ЛТ3
167	29,4	1,12	10,2	ЛТ3
168	26,5	1,16	9,9	ЛТПК
169	20,2	0,88	6,9	ЛТК
170	11,6	0,88	4,10	Некондация
171	26,6	1,12	9,4	ЛТПК
172	32,8	1,08	32,3	ЛТ У

Наилучшие показатели у глины из пробы 159, где содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> хотя и меньше, чем в остальных пробах этой группы (37,3 %), но количество монтмориллонита достигает 35 %. Водопоглощение у черепка из этой глины при температуре 1250<sup>0</sup> всего 0,58 %. Глины второй группы спекаются при контрольной температуре 1350<sup>0</sup> с водопоглощением у черепка 2,54 и 5,14 %, а при температуре 1400<sup>0</sup> – менее 2 %.

По минеральному составу они отличаются от глин первой группы повышенным содержанием свободного кварца и пониженным – монтмориллонита, хотя помимо него может присутствовать гиббсит. Глины третьей группы из проб 164 и 166 близки к спеканию при температуре 1450<sup>0</sup>, из пробы 165 спекаются при этой температуре, а глины проб 167–172 – не спекаются и их водопоглощение свыше 5 %. Это обусловлено значительной примесью песчано-алевритового материала и низкой дисперсностью глин. Их спекание возможно при внесении плавней.

Важным свойством глин является их *огнеупорность*. Зависимости огнеупорности глин от химического состава можно видеть по табл. 8, в которой помимо Латненского и Криушанского приводятся

сравнительные данные по известному Часовяркому месторождению. Из неё ясно, что этот параметр определяется содержаниями Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub>.

С увеличением легкоплавких соединений огнеупорность значительно падает. Это относится, в основном, к глинам с содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> от 10 до 22 %. При дальнейшем увеличении глинозема линии температур огнеупорности направлены в сторону более высоких содержаний легкоплавких примесей. Огнеупорность также имеет прямую зависимость от содержания фракции менее 0,001 мм и обратную – от количества фракции более 0,005 мм. Увеличение содержания каолинита, гиббсита и окиси титана приводит к возрастанию огнеупорности. Разделение огнеупорных глин по сортам проводится по содержаниям Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и потерям при прокаливании (табл. 8) На разных месторождениях количества этих компонентов для одинаковых сортов колеблются, что обусловлено вариациями минерального состава глин и содержаниями свободного кремнезема. Пониженные значения глинозема для Криушанского и Часовярского месторождений связаны с заметной примесью монтмориллонита, смешанослойных минералов и слюды. При этом некоторое уменьшение значений огнеупорности с лихвой окупается понижением температуры спекания и увеличением интервала спекаемости, что позволяет экономить топливо при обжиге. Минеральный состав влияет на воздушную усадку, которая заметно выше у глин, содержащих монтмориллонит, смешанослойные минералы и гидрослюда. Отсутствие или малые количества этих минералов отрицательно сказываются на спекании глин и интервале спекания. В то же время повышенные количества монтмориллонита могут вызвать пучение при обжиге особо ответственных изделий. Потери при прокаливании обусловлены двумя основными причинами – наличием органики и минералов, содержащих повышенные количества воды как в межслоевых пакетах, так и в кристаллических решетках. Поэтому оптимальный минеральный состав огнеупорных глин – каолининовый с примесью монтмориллонита до 35 %, обеспечивающий повышенную дисперсность, понижение температуры спекания и растянутый интервал спекаемости без заметного уменьшения огнеупорности.

Таким образом, лучшие основные сорта глин имеют каолининовый состав, минимальную примесь кварца, содержат примесь гиббсита, увеличивающего содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Вместе с тем наличие

Таблица 8

Сопоставление химического состава и керамических свойств огнеупорных глин Латненского с другими месторождениями (по данным Санкт-Петербургского всесоюзного института огнеупоров; составили И. А. Зубков и В. М. Сташков)

Сорт	Химический состав, %			Керамические свойства					Пластичность
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> на прокал. в-во	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> на прокал. в-во	П.п.п.	Полное водосодержание, %	Воздушная усадка, %	Водопоглощение, %	Спекание, °С	Огнеупорность, °С	
Латненское месторождение на 1350 °С									
ЛТО	40,7	1,21	12,8	27,2	9,7	0,58	1220	1743	28
ЛТ1	38,5	1,21	13,1	27,6	9,6	0,59	1250	1737	26,4
ЛТ2	36,0	1,35	12,1	27,6	9,8	0,98	1300	1719	28,5
ЛТ3	31,5	1,5	10,8	25,6	9,4	3,3	1380	1703	22,4
ЛТУ	36,7	1,83	21,3	29,8	9,6	11,4	1350	1709	30,5
ЛТПК	26,0	1,58	8,8	23,2	8,6	8,5	–	1689	20,1
ЛТК	19,4	1,03	7,4	20,09	7,4	14,1	–	1679	18,0
Кришанское месторождение на 1150–1200 °С									
К-О	37,5	1,6	11,9	32,8	12,6	0,7	1150	1710	25,8
К-1	36,85	1,75	12,96	32,1	13,2	0,88	1170	1691	25,4
К-2	32,8	1,84	10,7	30,8	12,1	1,3	1200	1666	20,5
К-3	31,77	1,55	10,72	30,6	12,71	0,46	1262	1648	20,7
КУ -1	36,94	2,2	20,06	36,8	14,9	1,35	1200	1670	26,6
КУ-2	32,9	2,63	27,05	34,8	12,5	14,8	1190	1662	20,2
КПК-1	26,5	1,57	11,84	28,2	11,2	3,3	1194	1684	21,3
КПК-2	21,94	1,38	9,81	27,3	10,2	7,3	1200	1624	17,7
Часоваярское месторождение на 1250 °С									
Ч-О	35,8	1,1	9,5	29,7	12,1	0,2	1100	1719	39,0
Ч-1	34,3	1,2	8,8	30,4	12,3	0,16	1100	1703	–
Ч-2	32,4	1,3	8,8	27,8	11,3	0,13	1100	1691	35,7
Ч-3	30,0	1,2	7,8	27,0	11,5	0,29	1100	1660	30,0
ЧПК-1	24,8	1,3	5,6	24,0	9,8	0,7	1100–1200	1647	24,5
ЧПК-2	18,3	0,7	4,7	21,1	9,0	2,5	1250	1632	22,00

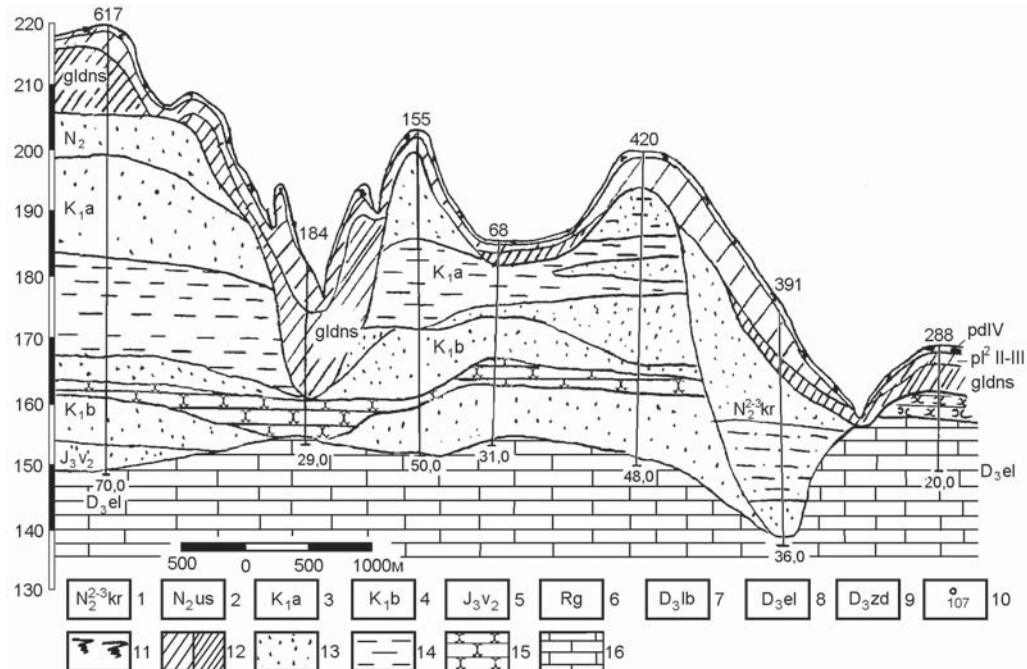
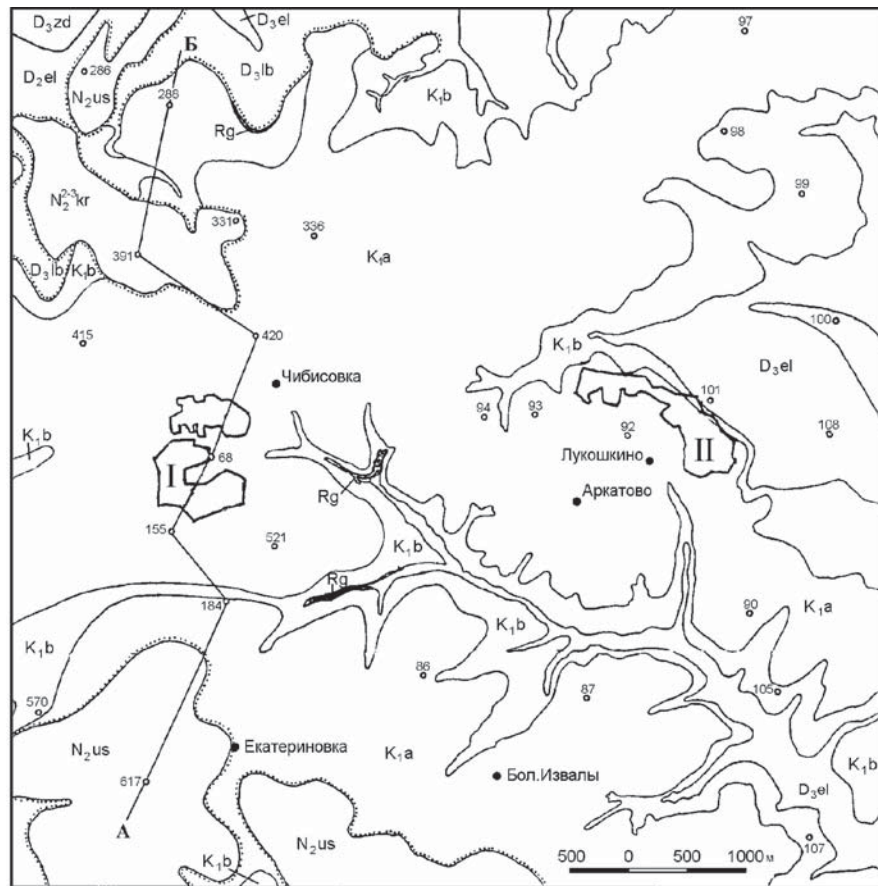
монтмориллонита, гидрослюда и смешанослойных минералов повышает температуру и интервал спекания глин, что благоприятно сказывается на качестве получаемых огнеупорных изделий.

### Тугоплавкие (керамические) глины

Формирование тугоплавких глин происходило в лагунно-морской зоне (см. рис. 1) в условиях спокойного гидродинамического режима. Здесь отложения апта делятся на три толщи (рис. 7) – нижнюю, среднюю и верхнюю. В первой преобладают серые, светло-желтовато-серые, пепельно-серые, кварцевые, слюдястые, глинистые пески. В средней развиты глины, светло-серые, темно-серые, неравномерно пятнистые за счет буровато-желтых, бурых, вишнево-красных, фиолетовых

пятен «ожелезнения», придающих глинам «мраморовидный» облик, пропитанные гидроокислами железа, плотные, жирные, умеренно-пластичные, участками песчаные, алевритистые. Доля песчано-алевритистой примеси увеличивается в верхней части толщи. Верхняя толща сложена серыми, светло-серыми, слабослюдистыми, глинистыми песками с линзочками серых глин, в кровле – с прослоями и линзами кварцитовидных песчаников.

Глинистая толща апта, в свою очередь, разделяется на две пачки: верхнюю и нижнюю. Верхнюю пачку слагают красновато-бурые, красные, реже серые, пятнистые, плотные, жирные, полукислые глины, с маломощными линзочками глинистых песков и алевритов, умереннопластичные, грубо-



**Рис. 7.** Геологическая карта и разрез по линии А-В Чибисовско-Лукошкинской перспективной площади. Условные обозначения к карте: 1 – кривоборьевская свита (пески, глины); 2 – усманская свита (пески); 3 – аптский ярус (пески, песчаники, глины); 4 – барремский ярус (пески, глины); 5 – средневожский подъярус (глины, пески); 6 – рудный горизонт (бурые железняки); 7 – лебедянский горизонт (известняки); 8 – елецкий горизонт (известняки); 9 – задонский горизонт (мергели, известняки); 10 – скважина и ее номер. Месторождения тугоплавких глин: I – Чибисовское; II – Лукошкинское. Условные обозначения к разрезу: 11 – почвенно-растительный слой; 12 – суглинки: а – покровные, б – моренные; 13 – пески; 14 – глины; 15 – песчаники; 16 – известняки

дисперсные и дисперсные. Содержание в них крупнозернистых включений, представленных блоками железистого песчаника, не более 5 %, чаще – 1,0–1,7 %, песчаных фракций не более 11%. Величина суммарных остатков на сите 0,06 мм изменяется от 0,7 до 29,3 %, преобладает 7,0–12,5 %. Нижняя пачка представлена преимущественно серыми, светло-серыми и фиолетовыми тонкодисперсными глинами, содержащими тонкорассеянный углистый детрит.

Содержание фракций менее 0,005 мм свыше 60 %, фракции 0,006–0,01 – от 22 до 30 %. Выделяются четыре типа глин: I – светло-серые, серые, пятнами окрашенные в розовый, красный и вишневые цвета за счет ожелезнения, плотные, среднепластичные, тонкодисперсные; II – светло-серые, серые, с более значительным содержанием гидроксидов железа, в виде прожилков, охристых стяжений и пятен красного, вишневого и розового цветов, пластичные, плотные, участками рыхлые, среднедисперсные с незначительной примесью песка; III – пестрой окраски, от серой до красновато-бурой

и вишневой, неоднородные по пластичности, умеренно- и малопластичные, запесоченные и грубодисперсные; IV – равномерно окрашенные в желтые, коричневые, бурые цвета, рыхлые, умереннопластичные, грубодисперсные, с примесью песка.

Первые два типа характерны для нижней пачки глиноносной толщи, два другие слагают, в основном, верхнюю пачку, хотя отмечается незначительное количество тех или иных типов как для верхней, так и нижней пачек. Каждый из указанных типов соответствует определенной фациальной обстановке осадконакопления, имеет различные соотношения химического и минерального состава, что определяет выделение различных керамических глин.

**Минеральный состав.** В иммерсионных препаратах агрегаты глинистых частиц имеют изометрично-чешуйчатую, пластинчато-листовидную, щепковидную формы. На электронномикроскопических снимках (рис. 9) устанавливается каолинит с примесью гидрослюда. Он наблюдается в пластинках различных размеров и формы. Имеются

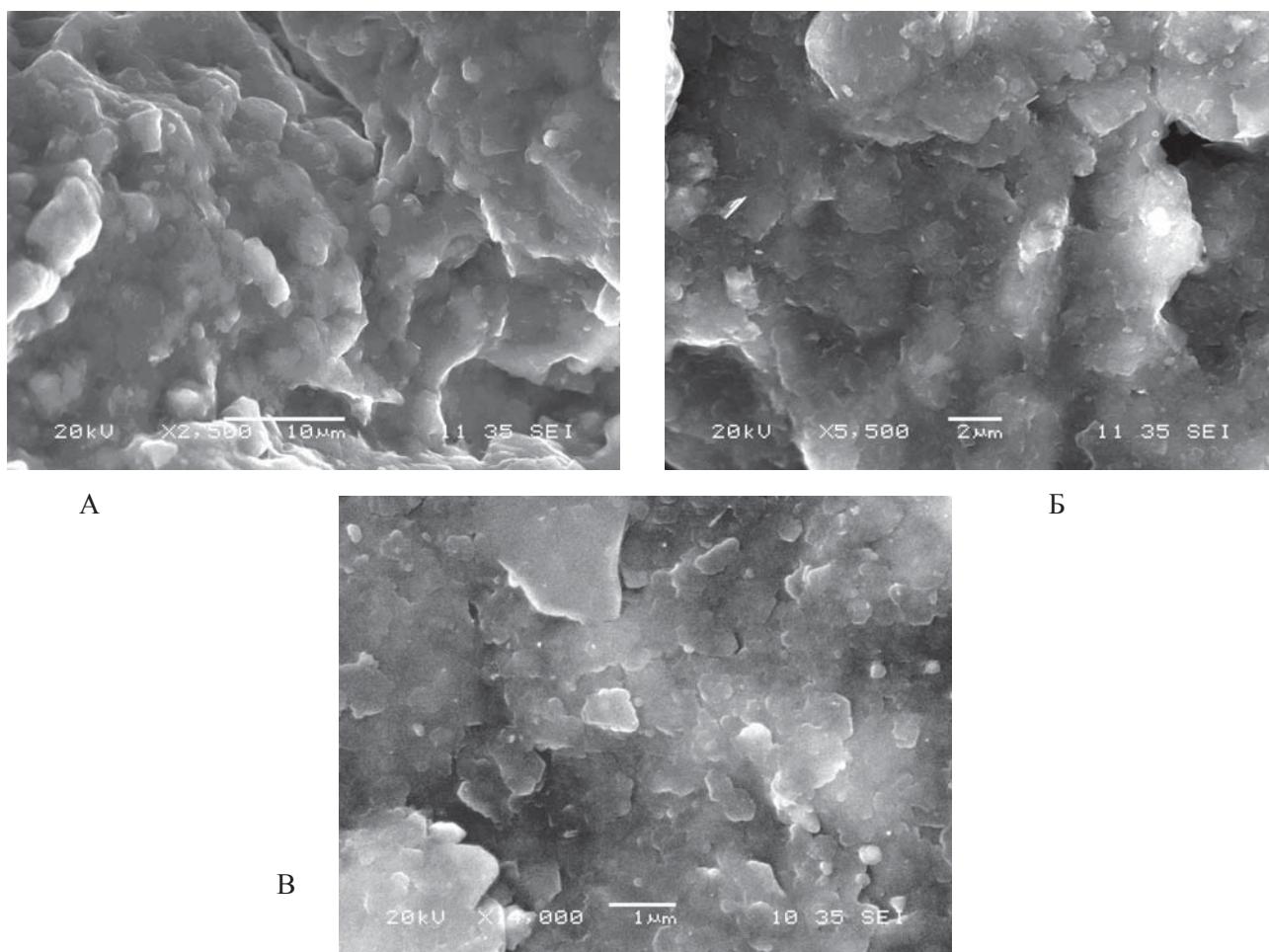


Рис. 8. Электронно-микроскопические снимки кристаллов каолинита (увеличение: А – 2500х, Б – 5500х, В – 14000х)



плотные псевдогексагональные кристаллы с ровными линиями ребер и четкими углами. Иногда в кристаллах заметны уступы и торцевые грани. Но чаще всего каолинит наблюдается в плотных частях неправильной формы. Гидрослоуда обычна в полупрозрачных пластинках.

В некоторых образцах каолинит наблюдается в округлых формах со слабо выраженными псевдогексагональными очертаниями, а иногда с разрушением псевдогексагональных пластинок, что выражается в расплывчатости их контуров, появлении зазубрин. Для каолинита характерны два типа изменений: обломанность и появление зазубрин с четкими контурами и расплывчатость границ пластинок, «сглаживание» углов, зазубрин с нечеткими контурами. На дифрактограммах фракции менее 0,005 мм тугоплавких глин (рис. 9) четко выражены рефлексы каолинита 7,18; 3,57; 2,32; 1,77 Е) и диоктаэдрической полиморфной разновидности гидрослоуды. Последняя определяется по широким ассиметричным отражениям d, равным 10,1 Е, изменяющим свое значение при насыщении образца глицерином до 9,8–9,96 Е, и 5,0 Е, уменьшающимся до 4,96 Е в насыщенном состоянии. Уменьшение значения d в гидрослоуде при насыщении глицерином может свидетельствовать о наличии в ее структуре незначительного количества пакетов смешаннослойного минерала гидрослоуда + монтмориллонит. Следы последнего устанавливаются на дифрактограммах по незначительным рефлексам (18 Å) в насыщенных глицерином образцах.

Количество каолинита по данным метода интегральных интенсивностей колеблется от 60 до 90 % (табл. 9). Интенсивность рефлексов каолинита по разным типам глин различна, что указывает на изменяющееся его количество. Плохая окристаллизованность каолинита и структурная неупорядоченность по оси «в» отличает его от каолинита огнеупорных глин в районе Латненского месторождения и, вероятно, является следствием осаждения глинистых частиц в щелочной морской среде. В этих условиях и происходит разупорядочивание структуры каолинита, на что указывает и расплывчатость контуров его пластинок. В отличие от каолинита, окристаллизованность гидрослоуды гораздо лучше, о чем свидетельствует большое количество хорошо выраженных рефлексов. В некоторых образцах наблюдается небольшая примесь триоктаэдрической гидрослоуды (гидробиотит). Иногда встречаются сильно вытянутые частицы с двумя параллельными гранями вдоль удлинения, представляющие галлазит.

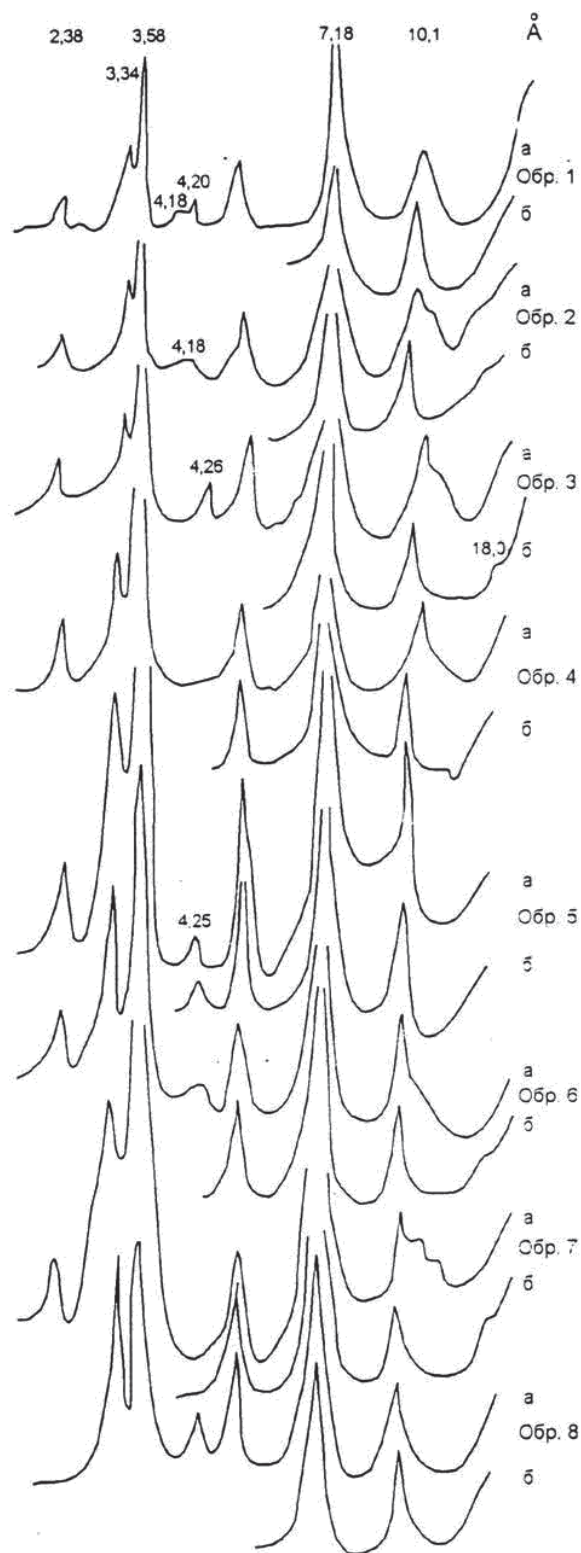


Рис. 9. Дифрактограммы аптских глин Лукошкинского месторождения: а – образец в естественном состоянии, б – насыщенный глицерином

Таблица 9

Содержание глинистых минералов (%) во фракции менее 0,005 мм из глин Лукошкинского месторождения

№ п/п	№ образца	Каолинит	Гидро-слюда	Монтморил-лонит	Гётит
1	Обр. 1	80	20	–	Следы
2	Обр. 2	90	10	Следы	–
3	Обр. 3	80	20	Следы	–
4	Обр. 4	90	10	–	–
5	Обр. 5	80	20	–	–
6	Обр. 6	70	30	–	Следы
7	Обр. 7	80	20	Следы	–
8	Обр. 8	60	40	–	Следы

В целом в глинах на долю глинистой фракции приходится 56 %. Содержание каолинита в ней колеблется от 15 до 36 %, в среднем 27–30 %, гидрослюды – от 10 до 25 %, в среднем 16–18 %, монтмориллонита – от 0 до 10 %, в среднем 3–5 %. Отмечается незначительное количество тонкораспыленного углистого вещества. Содержание псаммито-алевритистой фракции (остаток на сите 0,005 мм) в среднем по глинам составляет 44 %. Она состоит преимущественно из кварца, которого в глинах от 12,7 до 50,0 %, (среднее 34,3 %). Отмечается примесь полевых шпатов от 2,0 до 5,4 (4,2 %),

лимонита от 0,2 до 9,8 % (2,7 %), халцедона от единичных знаков до 1,4,1% (0,5 %), реже слюда (1,8 %), карбонатов (0,5 %). В единичных знаках отмечается циркон, рутил, ильменит, гранат, дистен, лейкоксен, ставролит, марганцевые минералы.

**Химический состав, физико-механические и технологические свойства тугоплавких глин.** По химическому составу наиболее благоприятными для производства керамических изделий являются глины с содержанием SiO<sub>2</sub> 65–75 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 13–20 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3–6 %, CaO до 5 %. Весьма вредна примесь SO<sub>3</sub>. Высококачественные керамические глины имеют низкую температуру спекания, а интервал спекания, когда происходит образование кристаллизационных структур в формируемом изделии, должен быть не менее 200 °С. Глины, не обладающие таким интервалом спекания, могут быть использованы при введении соответствующих добавок, регулирующих этот интервал. При обжиге глины должны иметь плотный, спекшийся черепок без деформаций, пятен и выплавок. По данным многолетней эксплуатации Лукошкинского месторождения, многочисленным технологическим испытаниям, проведенным при оценке качества тугоплавких глин Лукошкинского, Чибисовского и других участков и залежей в составе глиноносной толщи апта, выделяется четыре керамические группы (табл. 10) в зависимости от определенного соотношения вещественного состава.

Таблица 10

Таблица технологических свойств керамических глин

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Керамические группы			
			I	II	III	IV
1	Формовочная влажность	%	20,6	19,8	18,8	20,6
2	Воздушная усадка	%	6,8	6,8	6,4	8,6
3	Огневая усадка	%	6,9	5,4	2,4	6,7
4	Водопоглощение при кипячении	%	0,9	3,4	9,5	2,5
5	Объемный вес	г/см <sup>3</sup>	2,32	2,20	2,05	–
6	Огнеупорность	T °C	1525–1570	1485–1610	1520–1600	1385–1550
7	Химсостав SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% от – до среднее	61,66–70,04	66,06–74,50	61,12–81,88	31,10–71,80
			66,48	70,71	76,39	63,54
			17,43–25,25	14,67–19,84	7,40–22,19	14,70–22,87
			21,38	17,96	14,29	20,46
8	Содержание фракций < 0.005	%	2,25–7,07	1,37–6,60	1,18–7,25	5,04–7,25
			3,94	4,16	3,16	5,83
8	Содержание фракций < 0.005	%	51,1–81,3	42,3–73,6	26,0–60,7	26,2–80,8

*I группа.* Глины светло-серые, серые, местами слабо ожелезненные и окрашенные в вишневые и красные тона, полукислые, с низким количеством красящих окислов. Это наиболее тонкодисперсные среднепластичные глины с содержанием фракции менее 0,005 мм более 60 %, фракции от 0,06 мм до 0,01 мм в пределах 22–30 %, менее 0,001 мм от 45,6 до 66,1 %. Пластичность составляет 15–22,7. Коэффициент чувствительности к сушке колеблется от 0,91 до 1,07, интервал спекания лежит в пределах 1200–1280 °С. Предел прочности на сжатие обожженных черепков при Т 1150°-520-11601 кг/см. Черепок светло-оранжевый.

*II группа.* Глины серые, красновато-бурые и вишневые, неоднородные по пластичности, с незначительной примесью песка. Содержание фракции 0,005 мм составляет не менее 50 %, фракции 0,06–0,01 мм колеблется в пределах 11,55–27,63 % (среднее 23 %). Количество SiO<sub>2</sub> варьирует в пределах 66,06–74,50 % (70,71 %). Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> падает по сравнению с таковым в I группе, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> незначительно возрастает. При обжиге черепок приобретает темно-оранжевый, коричневый, уплотняется чуть хуже черепка глин I группы.

*III группа.* Глины серые, светло-серые, бурые желтовато-бурые, красные, с примесью до 5–7 % тонкозернистого песка и алеврита, умеренно пластичные, грубодисперсные, реже дисперсные. Резко отличаются от глин I и II групп снижением тонкодисперсной фракции до 30–40 % и возрастанием фракции 0,006–0,01 мм до 32–40 %. Глины при обжиге не спекаются, черепок окрашен в яркие тона. Предел прочности на сжатие колеблется от 231 до 616 кг/см<sup>2</sup>.

*IV группа.* Глины красновато-бурые, красные, пятнистые, плотные с мелкими линзочками глинистого песка, в целом, полукислые, реже кислые, с высоким содержанием красящих окислов. Эти глины, количество которых незначительно, по всем показателям, кроме содержания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, близки к глинам I группы. Однако повышенное содержание гидроокислов железа при обжиге приводит к вспучиванию. Количество этих глин незначительно.

В зависимости от керамических свойств, химического и гранулометрического составов глины Лукошкинского месторождения отгружаются потребителям по двум сортам. Первый используется для производства облицовочных керамических плиток, второй – в основном, для изготовления лицевого кирпича. Кроме того, тугоплавкие глины Лукошкинского, Чибисовского и других месторождений имеют довольно широкий спектр примене-

ния в качестве строительных материалов. Это дренажная плитка для полов, кислотоупорный кирпич, стеновые керамические камни, канализационные и дренажные трубы, различные кислотоупорные керамические изделия, а также могут быть использованы для получения минеральных красок и терразитов – цветных штукатурных смесей.

Для производства светлого, розового и оранжевого лицевого кирпича М-«100» и М-«125» чаще всего используют глины III керамической группы как в чистом виде, так и в качестве компонента шихты легкоплавких к сушке глин. При этом используется от 20 до 50 % тугоплавких глин как составной части шихты лицевого кирпича наряду с легкоплавкими суглинками, песком и шамотом. Для производства облицовочных и фасадных плиток пригодны глины II керамической группы с содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менее 17 %. В качестве добавок необходимо введение плавней и отошителей.

Для плиток полов коричневого и светло-коричневого цвета используют глины I керамической группы с содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не менее 19 %. При этом для увеличения интервала спекания необходимо в шихту вводить плавни – пегматит, полевые шпаты, нефелиновый сиенит и другие. Оптимальный состав шихты: тугоплавкие глины – 70 %, нефелиновый сиенит – 20 %, стеклобой – 10 %. Оптимальное количество электролитов для этой массы: сода 0,08 %, жидкое стекло – 0,35 %, влажность – 50 %.

Из глин IV керамической группы возможно получение минеральных красок красивых бежевых, розовых и желтых оттенков. Из сильно запесоченных разностей глин производят терразиты желтых, красных, серых цветов. Исходный состав шихты: глина запесоченная – 77 %, цемент марки «400» – 18 %, известь (1 и 2 сорта) (пушонка) – 5 %.

Тугоплавкие керамические глины широко используются в народном хозяйстве и являются дефицитным сырьем не только для региона, но и всей Европейской части России. Наибольшие перспективы наращивания минерально-сырьевой базы тугоплавких глин, динамика объемов добычи которых неуклонно возрастает, связаны с аптскими глиноносными образованиями. В поле развития лагунно-морских отложений апта имеется ряд перспективных площадей [1]. Выделение их определено фациальной обстановкой осадконакопления, благоприятными горно-геологическими условиями залегания продуктивной толщи, качеством оцениваемых химических и физико-механических

параметров, степени их выдержанности и благоприятными географо-экономическими условиями местоположения.

Наиболее благоприятные горно-геологические условия залегания полезной толщи имеют месторождения в центральной части Липецкой области в пределах Чибисовско-Лукошкинской и Чириковской прогнозно-перспективных площадях. Для них характерны небольшие мощности вскрышных пород (3,6–8,0 м) и достаточно выдержанная мощность полезной толщи (4,6–7,8 м). В направлении к северо-востоку (Кузовлевская площадь) мощность вскрышных пород увеличивается до 10,1 м, мощность глиноносной пачки уменьшается до 1,5–2,3 м. При этом содержание кремнезема падает до 50 %, а глинозема возрастает до 30 %.

Весьма перспективными площадями для выявления месторождений тугоплавких глин являются центральные части лагунных зон (Чибисовско-Лукошкинская и Чириковская прогнозно-перспективные площади), где происходило накопление достаточно мощных пластов глин (до 6–10 м), тогда как на периферийных участках лагун глины невыдержанны по простиранию, маломощны и залегают на разных уровнях аптского разреза.

Тугоплавкие глины аптских отложений имеются в Курской области, на крайнем востоке которой разведано и сдано в эксплуатацию Большекарповское месторождение. Крупное Малоархангельское и небольшое Плешковское под Ливнами месторождения имеются в Орловской области. Но все они далеко не удовлетворяют потребности в тугоплавком сырье для интенсивно развивающейся строительной отрасли региона, что определяет необходимость наращивания минерально-сырьевой базы керамических глин.

### Выводы

Аптские глинисто-песчаные отложения Воронежской антеклизы образовались за счет размыва высокостарых пород, в том числе девонской песчано-каолиновой толщи, развитой 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, что определило формирование различных видов полезных ископаемых, в том числе огнеупорных и керамических глин, рассмотренных в настоящей статье.

Сразу после образования глин на аллювиальной равнине в результате «проточного» диагенеза, по направленности сходного с процессами выветривания, произошло их «дозревание» с образованием высокоглиноземистых огнеупорных глин, содержащих гиббсит. Севернее, в лагунно-морских обстановках этот процесс не проявился и там развиты месторождения гидрослюдисто-каолиновых тугоплавких глин.

*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. 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.
2. Бушинский. О выветривании, промывном гидролизе и проточном диагенезе / Бушинский // Литология и полезные ископаемые. – 1977. – № 6. – С. 32–43.
3. Савко А. Д. Минеральный состав огнеупорных глин латненского типа / А. Д. Савко // Изв. АН СССР. Серия: Геология. – 1977. – № 3. – С. 126–129.
4. Савко А. Д. Литология аптских отложений междуречья Дон–Ведуга–Девица / А. Д. Савко, В. П. Михин // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Геология. – Воронеж, 2000. – № 9. – С. 56–68.
5. Савко А. Д. Литология и полезные ископаемые аптских отложений междуречья Дон–Ведуга–Девица / А. Д. Савко, В. П. Михин, Г. В. Холмовой // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2004. – Вып. 26. – 111 с.
6. Хожайнов Н. П. Фации аптской дельты Воронежской антеклизы / Н. П. Хожайнов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1979. – С. 3–26.

*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  
savko@geol.vsu.ru*

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

*ИГЕМ РАН*

*В. М. Новиков, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник*

*Тел. 8 (499) 230-82-24*

*novicov@igem.ru*

*IGEM RAS*

*V. M. Novikov, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, leading scientific*

*Tel. 8 (499) 230-82-24*

*novicov@igem.ru*

*Воронежский государственный университет*

*А. В. Крайнов, ведущий инженер НИИ Геологии, аспирант кафедры исторической геологии и палеонтологии*

*Тел. 8-952-548-47-72*

*lehakrayhome@mail.ru*

*Voronezh State University*

*A. V. Krajinov, the engineer of scientific research Institute of Geology, post-graduate student of the Historical Geology and Paleontology Chair*

*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, post-graduate student of the Historical Geology and Paleontology Chair*

*Tel. 8-960-112-37-42*

*franceaisDm@mail.ru*

*В. Ю. Ратников, профессор кафедры исторической геологии и палеонтологии, доктор геолого-минералогических наук*

*Тел. 8 (473) 220-86-34*

*vratnik@yandex.ru*

*V. Yu. Ratnikov, Professor of the Historical Geology and Paleontology Chair, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences*

*Tel. 8 (473) 220-86-34*

*vratnik@yandex.ru*