

# ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ В ПАЛЕЗОЙСКИХ И МЕЗОКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ.

## Статья 2. ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ МЕЗОКАЙНОЗОЯ

А. Д. Савко

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 31 января 2014 г.

**Аннотация:** рассматриваются распространение, условия залегания, минеральный состав, генезис различных типов глинистых пород мезокайнозоя в осадочном чехле Воронежской антеклизы. Показано, что глинистые породы различных стратиграфических подразделений заметно отличаются по минеральному составу, поскольку формировались в различных фациальных обстановках – континентальных (корах выветривания, пролювиально-делювиальных, озерно-болотных), переходных (гумидных и аридных лагунных), морских (прибрежно-, мелководно-, относительно глубоководных). При диагенезе на первичный минеральный состав могли накладываться различные процессы, приводившие к заметным преобразованиям исходного осадка в зависимости от условий его образования и захоронения. С глинистыми породами связаны различные полезные ископаемые – огнеупорные, тугоплавкие, легкоплавкие, керамзитовые, бентонитовые разности, определенные фациальными особенностями их формирования, диагенетическими преобразованиями илового осадка, составом пород в источниках сноса, соотношением глинистых минералов, характером примесей, эволюцией минерального состава глин в истории региона. Рассмотрены типичные месторождения некоторых видов глинистого сырья, показана зависимость их технологических свойств от минерального состава.

**Ключевые слова:** глины, каолинит, гидрослюда, монтмориллонит, диагенез, фациальные обстановки, юра, мел, палеоген, неоген.

**Abstract:** distribution, geological setting, mineral composition, genesis of the different types loamy sediments of the Voronezh anteclise Meso-Cenozoic are envisaged. It is shown that loamy sediments of the different stratigraphic sequences differ notably after their mineral composition inasmuch these were accumulated in discrepant facies circumstances, including continental (mantles of waste, proluvium-diluvium, limnic-and-swampy conditions), transitional (humid and arid lagoons), marine (coastal, shallow-relative deep waters) ones. On a stage of diagenesis the primary mineral compositions may be superimposed and distorted with the different processes that lead to the conspicuous transformations of the primary precipitations in connection with conditions of sedimentation and burial. The clays are accompanied by different mineral commodities – refractory, fire-proof, fusible, keramzit (claydite), bentonite deposits. These are tied with the peculiarities of forming including facies control, diagenesis of sludge precipitations, composition of rocks in weathering areas, correlation between the loamy minerals, character of adulterants, evolution of the clays mineral compositions through the geological history of region. Characteristics of the loamy rocks type locations are envisaged as well as correlation of clays technological affinities and their mineral composition.

**Key words:** clays, kaolinite, hydro-mica, montmorillonite, diagenesis, facies circumstances, Jurassic, Cretaceous, Paleogene, Neogene.

В статье 1 были рассмотрены глинистые породы и связанные с ними полезные ископаемые палеозоя Воронежской антеклизы [1]. В настоящей статье таковые охарактеризованы в отложениях юры, мела, палеогена и неогена.

**Глинистые породы юры.** В отложениях этой системы, развитых в западной части региона, глинистые породы преобладают как в разрезах, так и

по площади. На южном и юго-западном склонах антеклизы мезозойские отложения подстилаются каменноугольными. Здесь выделяются крупные эрозионно-тектонические долины юго-западного простирания, выполненные среднеюрскими породами с максимальными для них мощностями. В пределах 30-километровой полосы, разделяющей области распространения девонских и каменноугольных отложений в центральной части антеклизы, юрские породы залегают на кристаллическом фундаменте.

Эта полоса в палеозое соответствовала сводовой части антеклизы, а в мезозое приобрела региональный наклон в сторону Днепровско-Донецкой впадины. Юрские отложения выходят на дневную поверхность по долинам рек в Орловской области, по направлению на юг погружаются под молодые образования и в Белгородской области залегают на глубинах более 100 м.

Юрские отложения формировались преимущественно в морских условиях. Но в батское и частично келловейское время хорошо выражены лагунные и континентальные фации в северной и северо-восточной частях КМА (рис. 1, 2). Они расположены во врезанных в девонские образования речных долинах. Глинистые породы в этих фациях переслаиваются с алевритами и песками и связаны с пойменными и озерно-болотными отложениями.

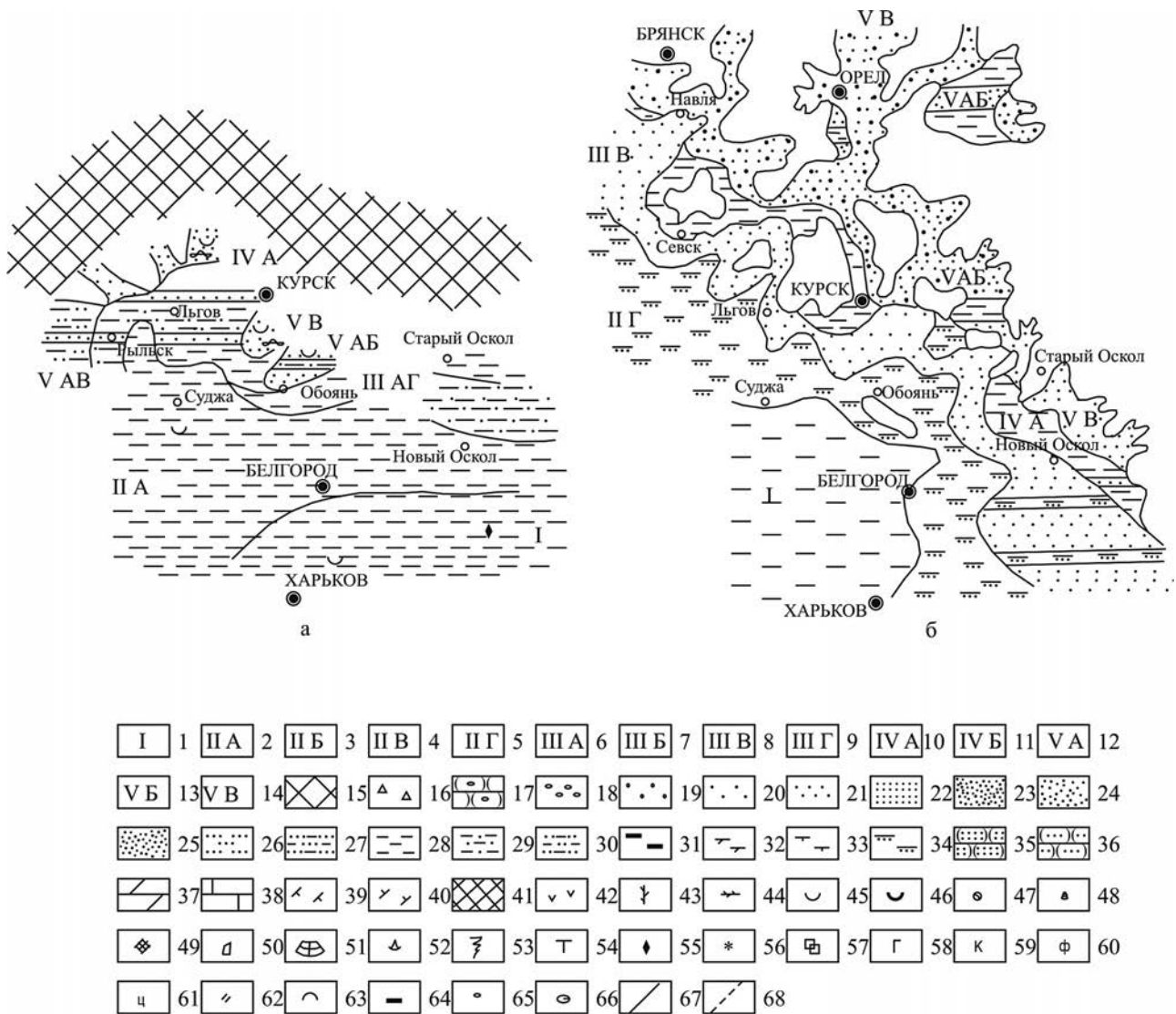


Рис. 1. Схематические литолого-палеогеографические карты ранне- (а) и позднебатского (б) времени. Фациальные обстановки: 1 – открытое относительно глубоководное море; мелководно-морские зоны с гидродинамическими режимами: 3 – спокойным, 3 – средним, 4 – активным, 5 – переменным; прибрежно-морские с гидродинамическими режимами: 6 – спокойным, 7 – средним, 8 – активным, 9 – переменным; лагунные: 10 – опресненные, 11 – засоленные; 12 – озерные, 13 – болотные, 14 – речные; 15 – суша. Типы пород: 16 – брекчия, 17 – конгломерат, 18 – гравий; песок: 19 – крупнозернистый, 20 – среднезернистый, 21 – мелкозернистый, 22 – тонкозернистый, 23 – разнозернистый, 24 – мелко- и среднезернистый, 25 – тонко- и мелкозернистый, 26 – алеврит, 27 – глинистый алеврит, 28 – глина, 29 – глина алевритистая, 30 – песчанистая, 31 – углистая, 32 – опоковидная, 33 – известковистая, 34 – тонкое переслаивание глины и алевритов, 35 – песчаник, 36 – алевролит, 37 – мергель, 38 – известняк, 39 – опока, 40 – трепел, 41 – охра, 42 – гипс. Характерные особенности пород, растительные остатки: 43 – автохтонные, 44 – аллохтонные, 45 – обломки фауны, 46 – пеллециподы, 47 – аммониты, 48 – гастроподы, 49 – мшанки, 50 – белемниты, 51 – губки, 52 – брахиоподы, 53 – ходы илороев, 54 – темноцветные минералы, 55 – сидерит, 56 – гидроокислы железа, 57 – пирит, 58 – глауконит, 59 – каолинит, 60 – фосфорит, 61 – цеолиты, 62 – слюдистость, 63 – окремнение, 64 – углистость, 65 – галька кремнистых пород, 66 – катуны глин. Границы фациальных зон: 67 – установленные, 68 – предполагаемые

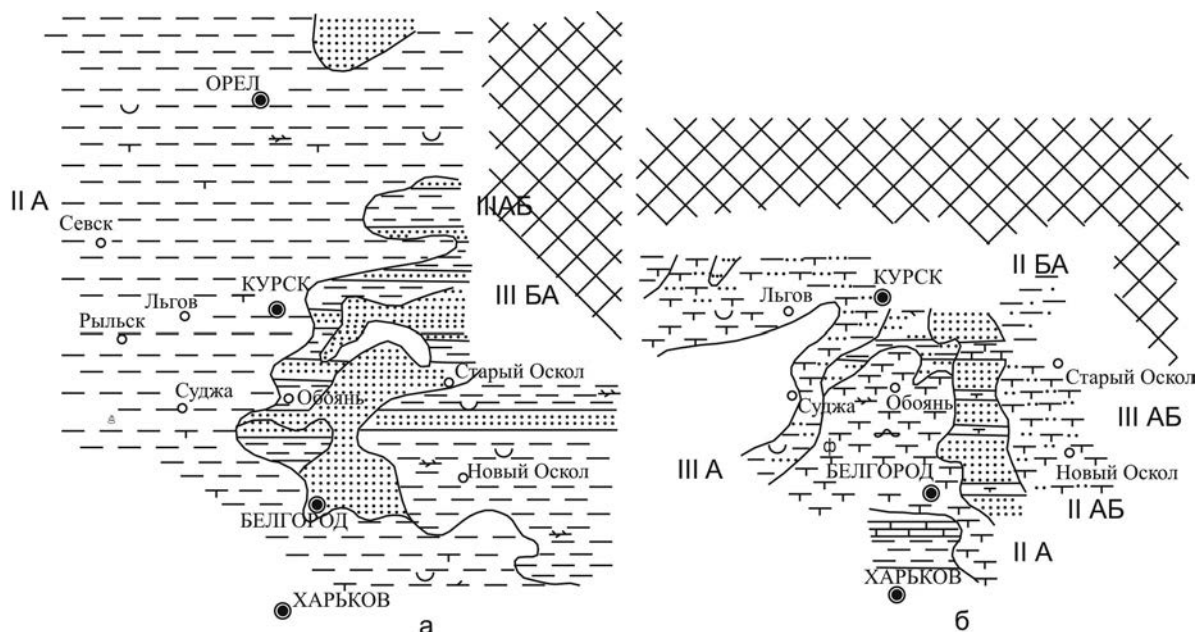


Рис. 2. Схематические литолого-палеогеографические карты келловейского (а) и оксфордского (б) времени. Условные обозначения см. на рис. 3

В батское время пойменный аллювий (VB) представлен переслаивающимися глинистыми мелкозернистыми песками, темными буровато-серыми комковатыми глинами и алевритами. Значительная часть разрезов имеет двухчленное строение: внизу развиты русловые пески, а сверху – пойменные пески и глины. Соотношение руслового и пойменного аллювия меняется в широких пределах. Для северных участков преобладают русловые пески, в центральной части примерно равное соотношение песков и глин, а в южной – развиты преимущественно глины.

Озерные отложения представлены тонкослоистыми мелкозернистыми песками, алевритами и алевритистыми, гидрослюдисто-каолиновыми глинами буровато-коричневого и серовато-черного цветов, обусловленных примесью большого количества измельченного углефицированного материала. Отличительной чертой болотных образований является иловатый облик слагающих их глин, отсутствие в них песчано-алевритовых примесей и наличие автохтонных растительных остатков. Глины обычно каолиновые [2] окрашены в коричневатые-темные тона, неслоистые, комковатые. В минеральном составе глин преобладает каолинит (до 80 %), но в озерных глинах его меньше, чем в болотных.

Юго-западнее области развития континентальных отложений позднебатского времени с северо-запада на юго-восток извилистой полосой шириной 20–60 км протягивается зона развития переходных фаций, представленных отложениями заболоченных озер и мелководных опресненных лагун, замещающихся к юго-западу морскими. Лагунные образования в ниж-

ней части разрезов представлены глинистыми песками желтовато-серого цвета, тонко- и мелкозернистыми, переходящими в алевриты и содержащими большое количество углефицированного детрита. Вблизи положительных форм доюрского рельефа пески замещаются различными типами глин с автохтонными растительными остатками. Вверх по разрезу пески переходят в серые, разной степени песчаные глины. В рассматриваемых глинах уменьшается содержание каолинита (до 47–54 %) по сравнению с глинами континентальных фаций и появляется монтмориллонит [2]. В районе Курска и на крайнем юго-востоке площади распространения юрских образований лагунные глины составляют до 90 % его мощности.

Прибрежно-морская зона, расположенная юго-западнее рассмотренной, представлена выдержанными по простиранию песками с редкими маломощными прослойками песчаных глин. Южнее расположена мелководно-морская зона (см. рис. 2), для которой типично тонкое (2–3 мм) переслаивание светло-серых глин и алевритов (III Г). При этом в северно-западной части территории преобладают глины, а в юго-восточной – алевриты. Минеральный состав глин толщи переслаивания характеризуется преобладанием каолинита (50–60 %) и гидрослюды (30–45 %), содержание соответственно хлорита и монтмориллонита редко достигает 20 %. В Белгородском районе КМА количество каолинита в глинах несколько уменьшается (менее 50 %), а гидрослюды увеличивается.

На крайнем юго-западе развиты наиболее удаленные от берега отложения зоны IA, образовавшиеся на

дне относительно глубоководного участка моря со спокойной гидродинамикой. Площадь развития этой зоны составляет не более 15–16 % от общей площади распространения образований верхнего бата. Разрезы зоны представлены плотными серыми, светло-серыми, часто с голубоватым или розоватым оттенком глинами, прослоями алевритистыми, слабоизвестковистыми с линзами (до 0,5 м мощностью) серых мергелей и голубовато-серых известняков с обломками и отпечатками мелких брахиопод. В минеральном составе глин резко преобладает монтмориллонит, которого в отдельных прослоях до 90 %, а количество каолинита сокращается до 10–20 %, что резко отличает эти глины от ранее рассмотренных, среди которых преобладают каолиновые разновидности.

Отложения *келловей* отвечают максимуму трансгрессии в юрское время и представлены преимущественно морскими фациями (см. рис. 2, а). На большей части территории келловей сложен глинами. В его основании на северо-западе региона встречаются континентальные озерные отложения во врезанных в девонское основание долинах, представленные темно-серыми до черных иловатыми глинами с многочисленными автохтонными растительными остатками. Вблизи г. Обоянь в основании разреза залегает глинисто-песчаный пласт угля (0,5 м), сменяющийся мелкозернистым и тонкозернистым песком с автохтонными УРО.

Наиболее распространены глины коричневатотемно-серые, неяснослоистые, в разной степени песчаные и алевритистые, иногда известковистые. Содержат многочисленные остатки головоногих, двустворок, гастропод, фораминифер, остракод, характеризуются гидрослюдисто-монтмориллонит-каолиновой ассоциацией. Наибольшее количество каолинита в глинах отмечается в центральной части антеклизы, на север и юг его количество уменьшается, в этом же направлении увеличивается содержание гидрослюды и монтмориллонита, последнего до 70 % в отдельных прослоях. На крайнем юго-востоке поля распространения келловей развиты каолиновые глины лагунного генезиса.

В глинах *оксфордского яруса* (см. рис. 2, б), преимущественно карбонатных, распространенных на значительно меньшей территории, чем келловейские, примерно равные количества гидрослюды и монтмориллонита, пониженное содержание каолинита. В отдельных прослоях – монтмориллонита до 100 %. Особенностью этих глин является присутствие в них на территории Курской области цеолита (клиноптилолита). Его количество в глинистой фракции может достигать 40 %.

Глины *кимериджского яруса* состоят из гидрослюды и монтмориллонита, последнего до 90 %.

Каолинита мало, но в и нижних частях разрезов может повышаться до 30 %. В титонский век произошло обмеление морского бассейна, а в глинах – появление гидрослюдисто-монтмориллонит-каолиновой ассоциации минералов в морских фациях и каолиновой с незначительной примесью гидрослюды в лагунных образованиях.

Таким образом, для юрских отложений характерно широкое развитие глинистых пород различного генезиса и меняющегося минерального состава. В континентальных и переходных фациях он наследуется из источников сноса [3, 4], тогда как в морских значительную роль играют диагенетические процессы преобразования глинистого вещества, в результате чего появляются значительные количества монтмориллонита и реже клиноптилолита. Вместе с тем юрские глины в практическом отношении мало перспективны из-за обычного полиминерального состава, засоренности псаммитовым веществом и залеганием на значительных глубинах. Но во вскрышных породах железорудных карьеров юрские глины могут использоваться в качестве грубокерамического и строительного сырья.

*Глинистые породы мела* развиты на двух уровнях – аптском и сантонском. Формирование *аптских глин* происходило в пределах аллювиальной равнины и в дельтово-лагунных условиях (рис. 3), когда накопилась терригенная песчаная толща с линзами глин. Образование глин происходило за счет размыва и переотложения вещества пород источников сноса, сложенных каолиновыми корами выветривания на кристаллических породах и осадочными породами палеозоя, в том числе мамонской песчано-каолиновой толщей. В континентальных отложениях апта Воронежской области имеются месторождения огнеупорных каолиновых глин, в лагунно-морских образованиях этого возраста – гидрослюдисто-каолиновых керамических глин Липецкой, Орловской и Курской областей (рис. 4). Глины даже в пределах одного месторождения представлены несколькими разновидностями, отличающимися друг от друга по минеральному и химическому составу и поэтому обладающими разными технологическими свойствами. Более подробно это изложено в работах [5–10].

Основная масса каолинита в рассматриваемом генетическом ряду каолиновых пород апта (рис. 5) в процессе последовательного переотложения претерпела механическое разрушение и истирание, что сопровождалось изменениями гранулометрического спектра, морфологии кристаллов (рис. 6) и прогрессирующим разупорядочением структуры глинистого минерала. Химическое воздействие восстановительно-кислой среды проявлялось во взаимодействии органического и минерального вещества, следстви-

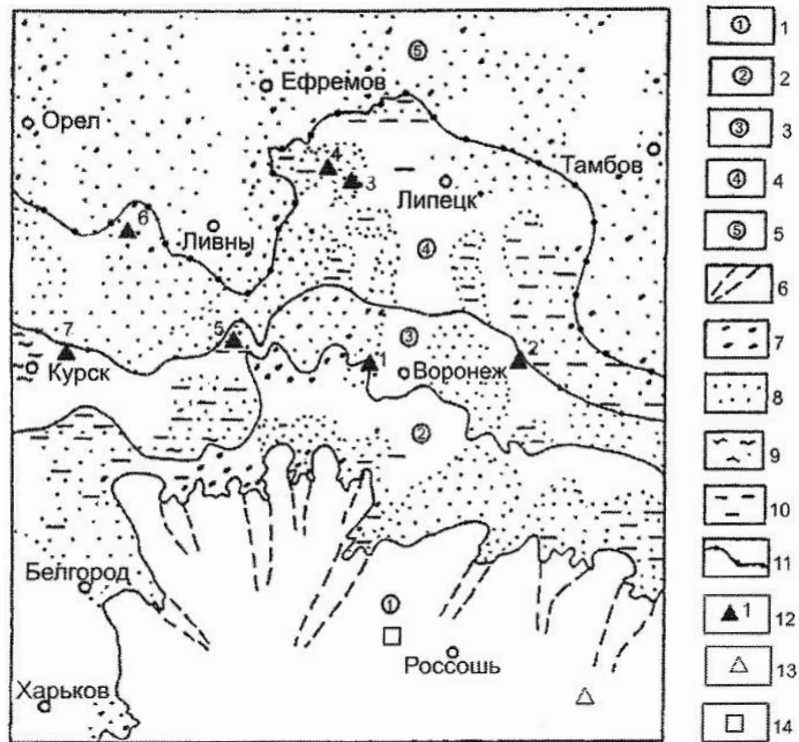


Рис. 3. Палеогеоморфологическая карта Воронежской антеклизы аптского времени и месторождения глин. Морфогенетические типы рельефа: 1 – эрозионно-денудационная равнина; 2 – верховья аллювиальной равнины; 3 – низовья аллювиальной равнины; 4 – мелководно-лагунная равнина; 5 – аккумулятивная мелководно-морская равнина; 6 – предполагаемые речные долины. Состав аккумулятивных образований: 7 – гравийники; 8 – пески; 9 – алевриты; 10 – глины; 11 – береговая линия моря; 12 – месторождения глин: 1 – Латненское; 2 – Кришанское; 3 – Чибисовское; 4 – Лукошкинское; 5 – Большешкарповское; 6 – Малоархангельское; 7 – Черемисиновское. Места взятия образцов из пород: 13 – коры выветривания; 14 – мамонской толщи

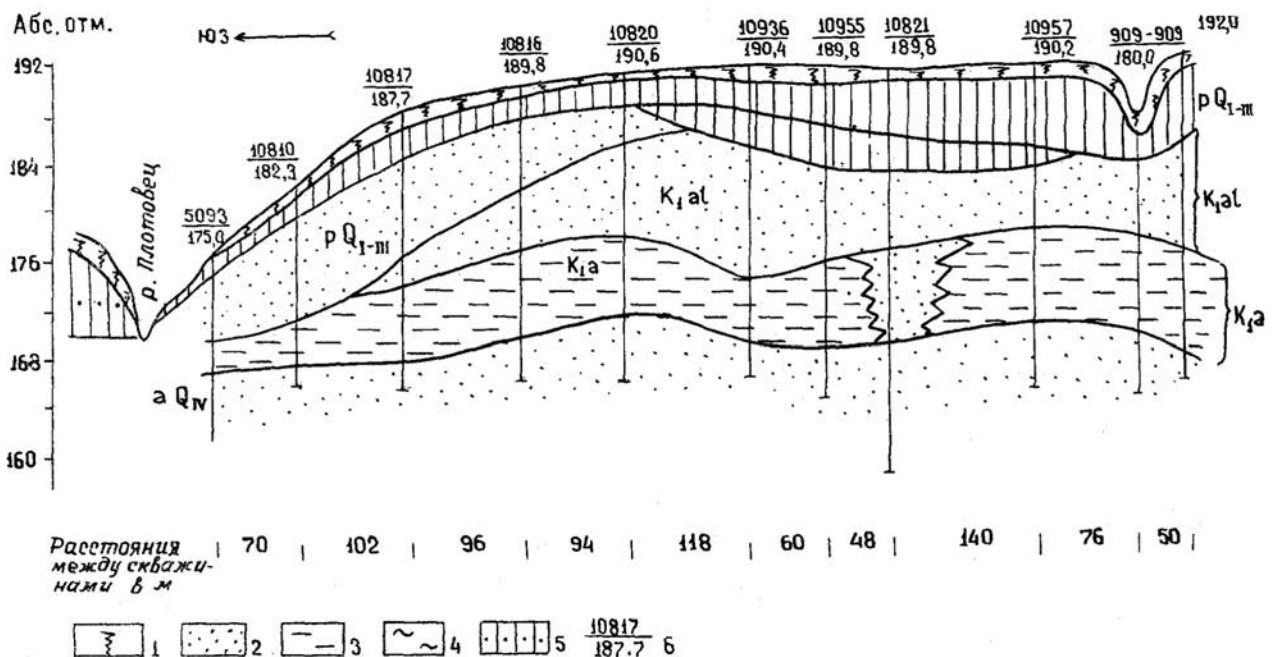


Рис. 4. Геологический разрез Большешкарповского месторождения: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – пески; 3 – глины полезной толщи; 4 – глинистость; 5 – суглинки; 6 – в числителе – номер скважины, в знаменателе – абсолютная отметка устья

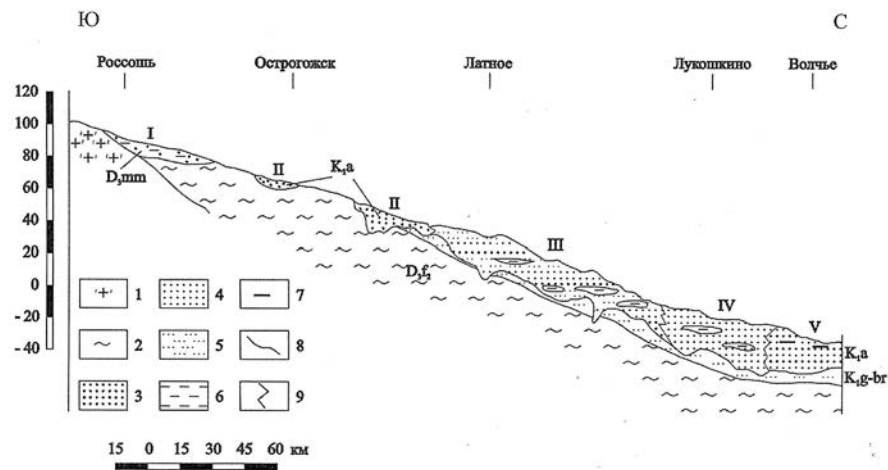


Рис. 5. Схематический палеофациальный профиль аптских отложений Воронежской антеклизы: 1 – кристаллические породы фундамента и кора выветривания по ним; 2 – песчано-глинистые породы среднефранкского яруса верхнего девона. Пески: 3 – грубо- и крупнозернистые; 4 – средне- и мелкозернистые; 5 – алевриты; 6 – глины; 7 – цирконий-титановые россыпи. Границы: 8 – стратиграфические; 9 – фациальные. Фации: I – пролювиально-делювиальные, в том числе старичные; II – аллювиальные русловые; III – аллювиальные пойменные и озерно-болотные; IV – опресненной лагуны; V – прибрежно- и мелководно-морские

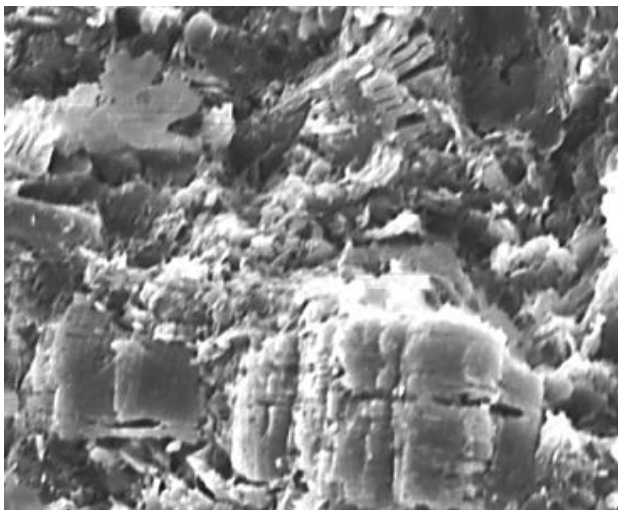


Рис. 6. Скопление обломочных вермикулярных кристаллов каолинита в лятненских глинах

ем чего являлось формирование аутигенного каолинита в озерно-болотных обстановках. Органическое вещество служило не только условием реакционной среды, но и являлось матрицей для его замещения алюмосиликатными растворами, что устанавливается по данным электронной микроскопии (рис. 7). Формирование керамических глин в лагунно-дельтовых обстановках происходило за счет терригенного осадка, поэтому глины наследуют гидрослюдисто-каолинитовый состав пород источников сноса [3, 4].

Практическое использование каолинита в том или ином производстве в значительной степени определяется его вещественным и гранулярным составами,

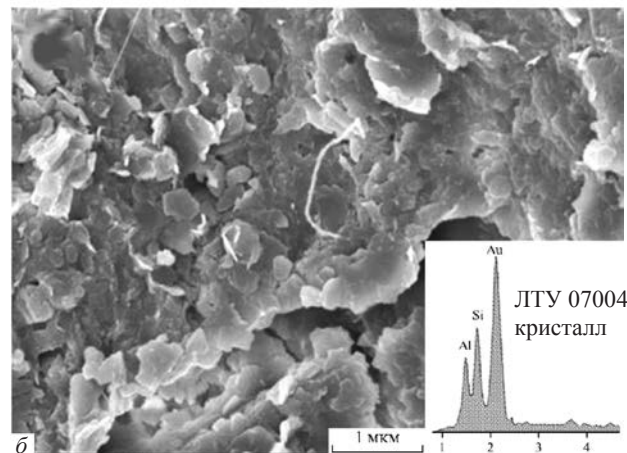
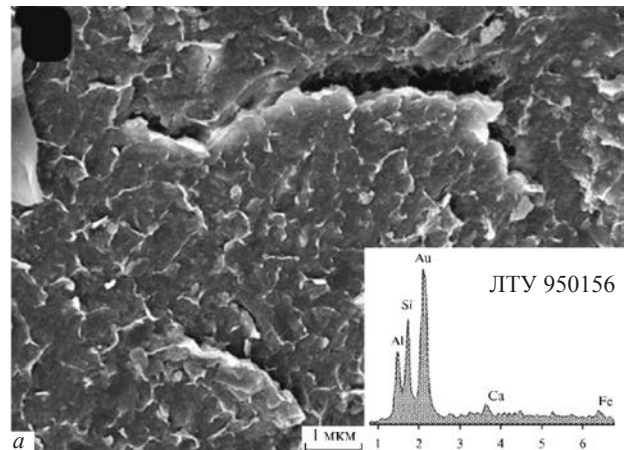


Рис. 7. Фоссилизированная биопленка (а), аутигенный каолинит по пленке (б) и ЭДС их состава

а также структурно-морфологическими особенностями минерала. Но все же минеральный состав играет определяющую роль для качества глинистого сырья. Лучшие сорта огнеупорных глин имеют каолинитовый состав, минимальное количество кварца, содержат примесь гиббсита, увеличивающего содержание  $Al_2O_3$ . Вместе с тем наличие монтмориллонита, гидрослюда и смешанослойных минералов повышает интервал спекаемости глин, улучшает их формовочные свойства, что благоприятно сказывается на качестве получаемых огнеупорных изделий.

В *сантонских образованиях* северной части антеклизы на водораздельных участках в разрезах кремнистых пород встречаются трепеловидные и слабо кремнистые глины. Мощность последних достигает 8 м. Эти глины являются сырьем для производства легких пористых строительных материалов и сорбентов. Глинистая составляющая упомянутых пород представлена монтмориллонитом с примесью гидрослюда, аморфного кремнезема, кварца, цеолитов. Подробно эти глины рассмотрены в работах [11–13].

**Глинистые породы палеогена.** В пределах Воронежской антеклизы данные породы присутствуют на трех стратиграфических уровнях – палеоценовом (сумском), эоценовом (киевском), олигоцен-миоценовом (полтавском). Наибольшим распространением пользуются киевские глины, на более ограниченных площадях – сумские на юге и полтавские в центральной части и на западе антеклизы.

В *сумское время* глины формировались в относительно глубоководном морском заливе на крайнем юго-востоке территории. Они имеют преимущественно монтмориллонитовый состав с примесью аморфного кремнезема, кварца, цеолита и глауконита [14–16]. Из глинистых минералов, кроме монтмориллонита в глинах присутствуют гидрослюда, каолинит, галлузит, фиксируемые на рентгенограммах характерными рефлексами и повышенными содержаниями оксида алюминия по данным зондовых анализов, а также неупорядоченно смешанослойные минералы типа монтмориллонит + гидрослюда. В глинистой фракции (менее 0,005 мм) содержание монтмориллонита достигает 95 %. Из неглинистых минералов устанавливаются обломочный кварц, аморфный кремнезем, обычно слагающий остатки микроорганизмов, глауконит, гидроокислы железа в виде пленок и тончайших вкрапленников, импрегирующих глинистые частицы.

Здесь выявлено бентонитовое месторождение Никольское (Воронежское) [17], представленное пластом глин мощностью 2–5 м (рис. 8). Глины находятся среди сумских алеврито-песчаных пород, залегающих на сантонских мергелях и перекрытых эоцено-олигоценовыми глинисто-песчаными породами. На месторождении выделяются пять участков, в пределах которых мощности пласта глин, вскрышных пород, содержание глинистой и обломочной составляющей, состав обменных катионов и сорбционная способность несколько отличаются. Общая площадь месторождения 500 км<sup>2</sup>, запасы бентонита около 500 млн т.

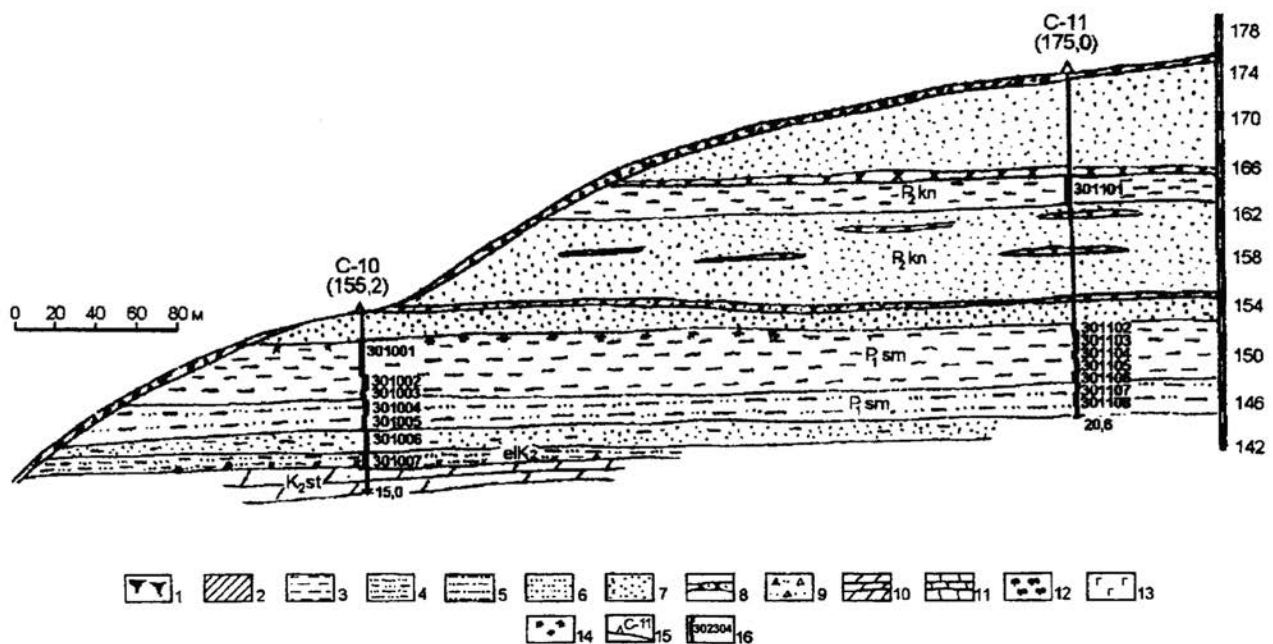


Рис. 8. Геологический разрез месторождения «Никольское»: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – суглинок; 3 – глина бентонитовая; 4 – глина алевритовая; 5 – глина песчаная; 6 – алеврит; 7 – песок; 8 – песчаник; 9 – щебень (плитняк); 10 – мергель; 11 – мел; 12 – фосфорит желваково-галечный; 13 – глауконит; 14 – гидроокислы железа; 15 – скважина; 16 – пробы

Прецизионный анализ частиц монтмориллонита показал значительное содержание железа в его решетке, что влияет на технологические свойства, особенно термическую устойчивость этого минерала, понижая ее. Bentonиты относятся к магнезиально-кальциевой разновидности, соотношение между катионами выражается неравенством  $Ca > Mg > Na > K > Fe$ , а общая сумма обменных катионов колеблется от 45 до 75 в природных разновидностях, до 95 мг экв./100 г в активированных [18].

Анализ возможностей сохранения природных свойств бентонита при повышении температуры, его дегидратации и регидратации показал, что предельно допустимая температура его сушки без разрушения кристаллической структуры составляет 350–400 °С. Для сохранения всех реологических свойств температура обработки не должна превышать 150 °С. Опыты по активации бентонита в суспензии кальцинированной содой и NaCl при исследовании кинетики катионного обмена показали, что результаты действия этих двух реагентов близки, а значительная часть магния и кальция замещается натрием. В результате активации значительно улучшаются технологические свойства глин [17; 18].

Проведенные промышленные и технологические испытания показали возможности использования бентонитов Никольского месторождения в литейном производстве при изготовлении формовочных смесей, в производстве глинопорошков для буровых растворов, адсорбентов и для минеральных добавок в комбикорма. Начавшаяся эксплуатация Никольского месторождения позволяет поставлять бентониты для

этих целей. Обработка глин Никольского месторождения небольшим количеством кальцинированной соды или других химических реагентов, использование аддитивного способа активации в совокупности с различными способами переработки глинистого сырья позволяют получить высокодисперсные, набухающие бентониты, аналогичные природным щелочным. Это позволяет использовать их в различных областях народного хозяйства.

В киевское время отмечается максимум палеогеновой трансгрессии, поэтому на значительной части территории развиты глинистые породы, обычно сформировавшиеся в условиях относительно глубоководного морского бассейна со спокойным гидродинамическим режимом (рис. 9, 10). Источником сноса для киевских отложений служили осадочные породы палеозоя и мезозоя, расположенные на севере региона. Киевские глины состоят из монтмориллонита, гидрослюда, каолинита, смешанослойных минералов, но их количественные соотношения испытывают значительные изменения как по площади, так и по разрезу. Для последнего характерно увеличение снизу вверх количеств каолинита и уменьшение монтмориллонита. Из неглинистых примесей присутствует биогенный кремнезем, кварц, глауконит и не всегда клиноптилолит. Изменение минерального состава глин связано с двумя факторами: 1) уменьшением обломочных фракций от берега к центральным частям бассейна; 2) диагенетическими преобразованиями пелитового осадка. На удалении от береговой линии накапливались дисперсные глины, в том числе кремнистые и карбонатные.

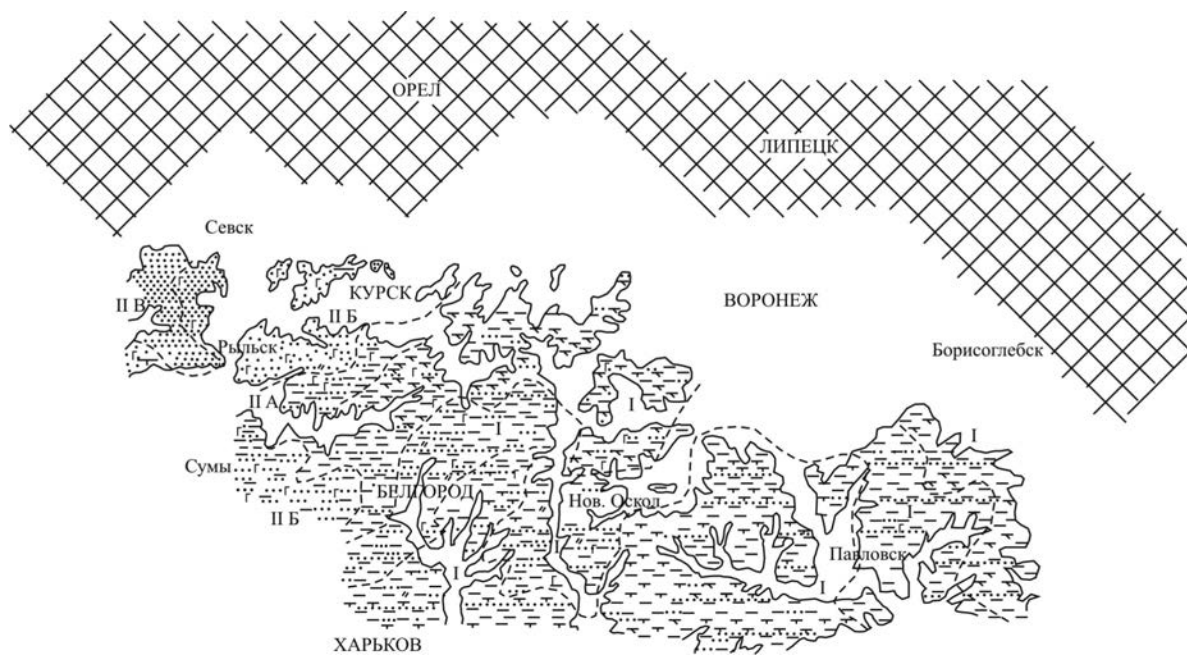


Рис. 9. Схематическая литолого-фациальная карта киевского времени. Из работы [4, с. 96]. Условные обозначения см. на рис. 1



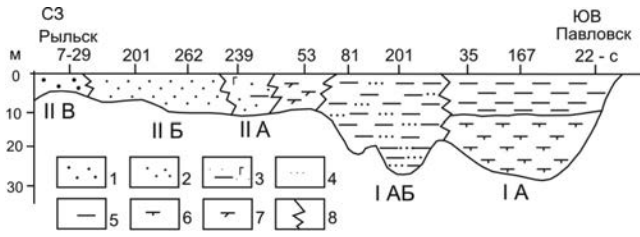


Рис. 10. Схематический литолого-фациальный профиль киевского времени. Из работы [4, с. 122]. Условные обозначения см. на рис. 1

Наибольший интерес представляют существенно монтмориллонитовые глины. Их образование по [19; 20] происходило следующим образом. Наиболее отмученный материал в глубоководной части морского бассейна осаждался вместе с отмершей органикой, где на начальных этапах диагенеза создавалась высокореакционная среда с разложением гидрослюд, о чем свидетельствуют сильно деградированные их разновидности I Мд со значительным количеством смектитовых пакетов. По мере расщепления органики и повышения pH создавались благоприятные условия для формирования монтмориллонита. Это привело к образованию бентонитоподобных глин и формированию их месторождений (Щербаковское у с. Подгорное с мощностью полезной толщи в 12 м). Глины обычно содержат до 30 % биогенного кремнезема, повышающего сорбционную емкость породы.

Во второй половине киевского времени произошло обмеление морского бассейна, замедление образования монтмориллонита и формирование полиминеральных глин монтмориллонит-каолинит-гидрослюдистого состава, которые в ряде случаев отвечают требованиям к керамическому сырью.

Полтавское время отвечает регрессивному циклу палеогенового осадконакопления. На большей части территории их распространения развиты тонко- и мелкозернистые кварцевые пески (до 99 % оксида кремния) с редкими линзовидными прослоями гидрослюдисто-каолинитовых глин, причем количество каолинита достигает 65–75 %. Примесями являются кварц, гидроокислы железа, монтмориллонит. С полтавскими отложениями связано месторождение керамических глин «Россошанское» [21], находящееся в 25 км южнее одноименного города и включающее 12 участков (рис. 11). Тело полезного ископаемого со средней мощностью около 3 м залегает на водоразделах под полтавскими песками и четвертичными отложениями (рис. 12) и разделяется на два пласта – внизу серые, вверху желтые глины. Они преимущественно высоко дисперсные, сложены каолинитом, монтмориллонитом и гидрослюдой, количественные соотношения которых меняются по площади и разрезу, но каолинит обычно преобладает. Внизу больше монтмориллонита, вверху – каолинита.



Рис. 11. Обзорная схема района Россошанского месторождения керамических глин: 1–12 – участки месторождения; I–I – линия профиля. Из работы [16]

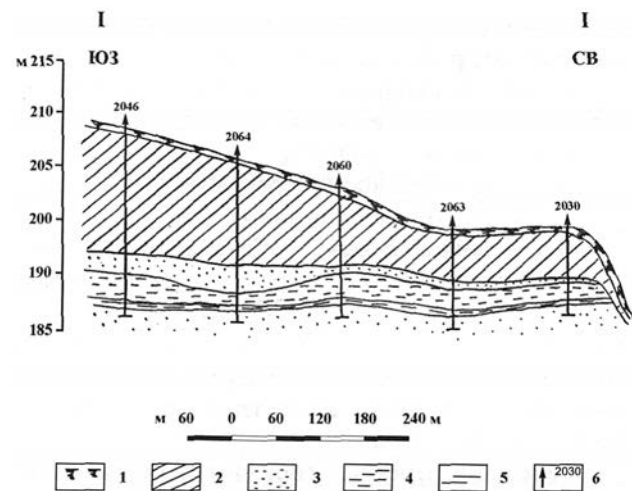


Рис. 12. Геологический разрез по участку «Шрамовский» Россошанского месторождения. Из работы [16]: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – суглинки покровные; 3 – пески; 4 – желтые глины; 5 – зеленые глины; 6 – скважины

Полиминеральный состав глин обуславливает их хорошие керамические свойства. Наличие каолинита препятствует вспучиванию, водопоглощению и большой усадке черепка при обжиге. Присутствие монтмориллонита обеспечивает пластификаторские свойства глинистой массы, однако этот же минерал определяет формовочную влажность и высокую чувствительность к сушке (воздушная линейная усадка 9,8–13,2 %). Суммарное преобладание гидрослюды и монтмориллонита дает возможность отнести это

сырье к группе среднетемпературного спекания (1200–1250 °С). По содержанию глинозема (19,0–23,81 %) глины относятся к полукислым, а по огнеупорности – к тугоплавким (1500–1580°). По количеству красящих окислов они относятся к группе с их высоким содержанием (в среднем 4,78 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Повышенное количество кварца (SiO<sub>2</sub> 15–32 %), ухудшающее качество глин, приурочено к фракциям свыше 0,063 мм. Введение в глинистую массу корректирующих добавок (нефелин, доломит или мел) позволяет получать керамическую продукцию высокого качества [16].

**Глинистые породы неогена.** Развита на двух стратиграфических уровнях – миоценовом (краснояржужском на КМА, горелкинском на северо-востоке региона) и плиоценовом (усманском в бассейне Палеодона). На КМА выделяются два фашиальных типа осадков миоцена: аллювиально-делювиальный и озерно-болотный, причем второй развит лишь в западной части территории КМА. Аллювиально-делювиальные отложения представлены преимущественно светло-серыми разнотельными песками и кирпично-красными глинами с крупными конкрециями углекислого кальция и бобовинами окислов марганца. Именно этот тип описан в опорном обнажении Е. М. Розановской и назван «шапкинской толщей». Озерно-болотный тип отложений был выделен А. П. Кузнецовым на Красно-Яружском месторождении керамических глин. Представлен он толщей глин, в основании гидрослюдисто-каолинитового, а в верхней части каолинит-гидрослюдисто-монтмориллонитового состава [20]. Здесь после ухода олигоценного моря образовалась аллювиальная равнина с цепочками озер, где сформировались полиминеральные месторождения керамических глин (Краснопольское, Колотиловское, Краснояружское, Новеньское) за счет размыва палеогеновых отложений и наследующие их состав.

В качестве бентонитового сырья представляются перспективными неогеновые глины горелкинской свиты, сформировавшиеся в лиманных условиях. Они имеют высокие массовые доли монтмориллонита в глинистой составляющей, почти не содержат каолинита, а доля других минералов представлена гидрослюдой, неупорядоченной смешанослойной фазой и хлоритом. Эти глины характеризуются как формовочные средне- и прочносвязующие с пределом прочности во влажном состоянии 1,1–1,3 кг/см<sup>2</sup>, в сухом – 4,2–5,5 кг/см<sup>2</sup> [22].

Плиоценовые глины усманской свиты неогена, сформировавшиеся на аллювиальной равнине, по составу полиминеральные, отличаются высокими значениями массовой доли глинистой составляющей, к тому же существенно увеличивающейся (на 5–10 %) при дезинтеграции глинистых агрегатов [23]. В раз-

резе они неоднородны по составу. Их слои с более высоким содержанием монтмориллонита хорошо активируются кальцинированной содой и характеризуются высокой коллоидальностью (до 95,3 %), обладают высокой набухаемостью в природном состоянии (2,8–3,7 ед.), поднимающейся при активации кальцинированной содой (3 %) до 16,0 единиц. Отдельные горизонты глин усманской свиты, характеризующиеся достаточно высоким содержанием монтмориллонита в глинистой фракции, обладают достаточно высокими формовочными свойствами. Они хорошо активируются кальцинированной содой, при этом предел прочности на разрыв в зоне конденсации влаги возрастает в 3–4 раза. Низким качеством характеризуются глины с повышенным содержанием каолинита.

При активации глин кальцинированной содой выход раствора возрастает до 6,1 м<sup>3</sup>/т, в сочетании с ПМК-85 – до 9,0 м<sup>3</sup>/т. В случае модификации содой, ПМК-85 и полимером выход достигает 14,4 м<sup>3</sup>/т. Среди полиминеральных глин усманской свиты вполне реально выявить участки или горизонты с повышенным содержанием монтмориллонита и пониженным значением каолинита, что может значительно повысить качественные свойства сырья.

Вместе с тем глины усманской свиты неоднородны по составу, в основной массе в значительных количествах содержится каолинит (25–40 %), который снижает качественные показатели формовочной смеси, но оказывает положительное влияние на керамические свойства. Такое сырье на примере хорошо изученного Байгоровского месторождения классифицируется как тугоплавкое и является пригодным для производства низкосортных керамических изделий из-за повышенных содержаний оксидов железа (более 2,5 %) и недостаточного количества оксида алюминия, определяющих равномерность окраски обожженного черепка, температуру и интервал спекания, чувствительность к сушке и водопоглощению. С добавками других, менее пластичных, глин они могут применяться для производства облицовочных материалов, половых плиток и кислотоупоров. Для керамических глин следует выбирать участки с минимальным содержанием монтмориллонита в их составе. Повышенное содержание каолинита в глинах усманской свиты Г. В. Холмовой [23] объясняет его локальным привнесением из аптских аллювиальных отложений, развитых непосредственно севернее и западнее, размывавшихся притоками крупной неогеновой реки. По мнению этого автора, наиболее перспективны для поисков тугоплавких глин прибортовые зоны долин достаточно крупных рек со слабоконстративным аллювием, в области питания которого эродировались глинистые породы.

В осадочном чехле Воронежской антеклизы глинистые породы развиты на различных стратиграфических уровнях и по распространенности занимают третье место после песчаных и карбонатных образований. Генезис глин может быть элювиальным (первичные каолины), делювиально-пролювиально-аллювиальным (вторичные каолины), озерно-болотным (керамические, огнеупорные глины), лагунным и лагунно-морским (керамические, керамзитовые разновидности в гумидном, палыгорскиты в аридном климатах), прибрежным, мелководно-морским, относительно глубоководным (бентонитовые, керамзитовые, цементные глины). Минеральный и химический составы глин определялись не только фаціальными условиями их формирования, но и последующими диагенетическими преобразованиями. В континентальных озерно-болотных отложениях на аллювиальных равнинах происходила каолинитизация иловых осадков («проточный диагенез»), в щелочной среде морских водоемов – монтмориллонитизация, в лагунах аридного климата – образование палыгорскитовых и гидрослюдисто-палыгорскитовых глин. В последних гидрослюдистая составляющая терригенная, а палыгорскитовая – аутигенная.

Важными факторами формирования минерального состава глин были также размываемые породы источников сноса и эволюция его во времени. В палеозое в источниках сноса были развиты преимущественно каолиновые коры выветривания по гранито-гнейсовым и сланцевым породам кристаллического фундамента. Поэтому глины палеозоя состоят из каолинита и гидрослюды. В мезозое размывались более разнообразные осадочные толщи. Эволюция минерального состава глин со временем для региона выразилась в том, что в однотипных морских обстановках преимущественно гидрослюдисто-каолинитовые глины палеозоя сменились гидрослюдисто-монтмориллонитовыми мезокайнозоя (рис. 13). Поэтому для морских обстановок нет смысла искать бентонитовые глины в палеозойских образованиях, а каолинитовые – в мезокайнозойских.

Технологические свойства глинистого сырья определяют минеральный и химический составы глин. Но не только они. Важными факторами являются состав и количество примесей, дисперсность, соотношение глинистых минералов. Так, для огнеупорных глин улучшают качество глинистого сырья примесь оксидов алюминия и титана, повышая его огнеупорность, а примесь кремнезема и железа ее ухудшают. С ростом дисперсности монтмориллонитовых глин повышается их сорбционная способность. Оптимальной для улучшения спекаемости огнеупорных и керамических глин является примесь до 30 % монтмориллонита в каолиновых глинах.

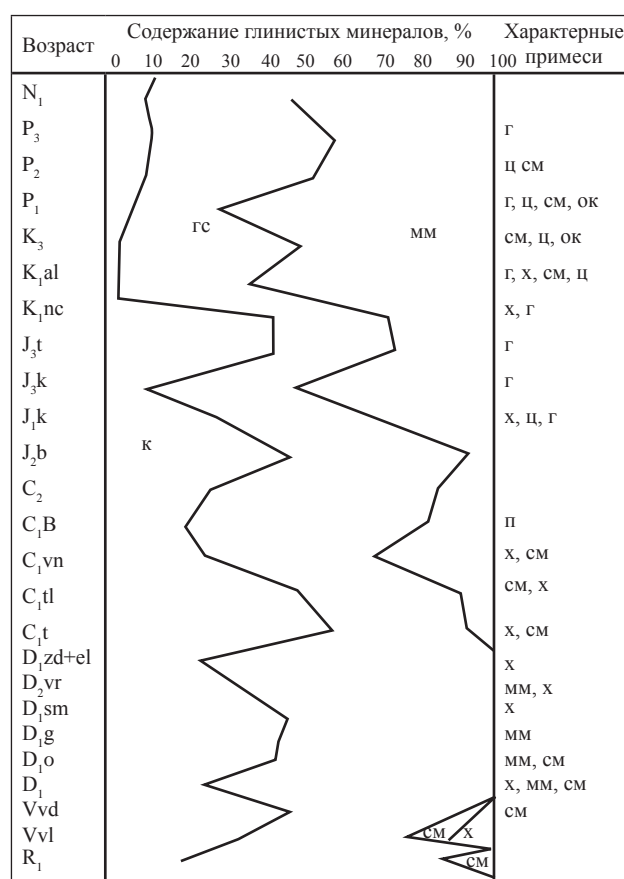


Рис. 13. Эволюция минерального состава глин мелководно-морских фаций гумидного климата (на примере Воронежской антеклизы). Минералы: к – каолинит; гс – гидрослюда; мм – монтмориллонит; х – хлорит; см – смешаннослойные образования; гс+мм – гидрослюда+монт-мориллонит; г – глауконит; ц – цеолит; ок – опал-кристобалит; п – палыгорскит

### ЛИТЕРАТУРА

1. Савко А. Д. Глинистые породы и связанные с ними полезные ископаемые в палеозойских и мезокайнозойских отложениях Воронежской антеклизы. Статья 1 : Глинистые породы палеозоя / А. Д. Савко // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж, 2013. – № 2. – С. 89–94.
2. Савко А. Д. Глинистые породы верхнего протерозоя и фанерозоя Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1988. – 192 с.
3. Савко А. Д. Коры выветривания в геологической истории Восточно-Европейской платформы / А. Д. Савко, А. Д. Додатко. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1991. – 231 с.
4. Савко А. Д. Эпохи корообразования в истории Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1979. – 119 с.
5. Мизин А. И. Факторы и предпосылки формирования огнеупорных глин в аптских отложениях Воронежской антеклизы / А. И. Мизин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1999. – № 7. – С. 55–60.
6. Савко А. Д. Литология аптских отложений междуречья Дон–Ведуга–Девица / А. Д. Савко, В. П. Михин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2000. – № 9. – С. 56–68.
7. Савко А. Д. Минерогения аптских отложений Воронежской антеклизы. Статья 1: Огнеупорные и керамические гли-

- ны / А. Д. Савко [и др.] // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2011. – Вып. 1. – С. 116–136.
8. Структурно-морфологические особенности каолинита различных стадий литогенеза глинистых пород (на примере Воронежской антеклизы) / Н. С. Бортников [и др.] // Литология и полезные ископаемые. – 2013. – № 5. – С. 426–440.
9. История каолинита в коре выветривания и связанных с ней месторождениях глин по данным ЭПР / Н. С. Бортников [и др.] // Доклады РАН. – 2010. – Т. 433, № 2. – С. 227–230.
10. Савко А. Д. Огнеупорные глины и каолины Воронежской антеклизы / А. Д. Савко // Генезис и ресурсы каолинов и огнеупорных глин. – М.: Наука, 1990. – С. 35–47.
11. Савко А. Д. Локализация месторождений желваковых фосфоритов на северо-западе Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, В. И. Беляев, С. В. Мануковский // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1988. – № 4. – С. 81–88.
12. Дмитриев Д. А. Сантонские отложения правобережья среднего течения реки Дон / Д. А. Дмитриев, А. Д. Савко, А. В. Жабин // Труды научно-исследовательского ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж: ВГУ, 2004. – Вып. 21. – 104 с.
13. Литология и полезные ископаемые сантона центральной части КМА / А. Д. Савко [и др.] // Труды научно-исследовательского ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж: ВГУ, 2009. – Вып. 54. – 108 с.
14. Бартечев В. К. Литология, фации и полезные ископаемые палеогена ЦЧ ЭР / В. К. Бартечев, А. Д. Савко // Труды научно-исследовательского ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж: ВГУ, 2001. – Вып. 7. – 146 с.
15. Горюшкин В. В. Bentonитовые глины юго-восточной части Воронежской области / В. В. Горюшкин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1999. – Вып. 7. – С. 60–70.
16. Горюшкин В. В. Bentonитовые глины юго-востока Центрально-Черноземного района / В. В. Горюшкин, А. Д. Савко // Труды научно-исследовательского ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж: ВГУ, 2006. – Вып. 37. – 177 с.
17. Горюшкин В. В. Геологическое строение месторождения бентонитовых глин «Никольское» / В. В. Горюшкин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2000. – № 3 (9). – С. 170–181.
18. Горюшкин В. В. Зависимость технологических свойств бентонитовых глин от их состава в формовочных смесях (на примере сумских глин юго-востока Воронежской антеклизы) / В. В. Горюшкин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 1999. – Вып. 8. – С. 131–135.
19. Савко А. Д. Сравнительно-литологическая характеристика и оценка качества бентонитовых глин палеогена и неогена восточных районов Воронежской области / А. Д. Савко, В. К. Бартечев, В. В. Горюшкин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2001. – Вып. 11. – С. 54–60.
20. Савко А. Д. Нерудные полезные ископаемые Черноземья / А. Д. Савко, Г. В. Холмовой, С. А. Ширшов // Труды научно-исследовательского ин-та геологии Воронеж. гос. ун-та. – Воронеж: ВГУ, 2005. – Вып. 31. – 314 с.
21. Савко А. Д. Особенности минералогического состава керамических глин месторождения «Россошанское» (Воронежская область) / А. Д. Савко, В. П. Михин, М. И. Концевой // Геологический вестник Центральных районов России. – 2002. – № 1. – С. 27–32.
22. Холмовой Г. В. Неоген-четвертичный аллювий и полезные ископаемые бассейна Верхнего Дона / Г. В. Холмовой. – Воронеж, 1993. – 99 с.
23. Холмовой Г. В. Верхний плиоцен бассейна Верхнего Дона / Г. В. Холмовой. – Воронеж, 1985. – 137 с.

*Воронежский государственный университет*

*Савко А. Д., доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии, заслуженный геолог России*

*E-mail: savko@geol.vsu.ru*

*Тел.: 8 (473) 220-86-34*

*Voronezh State University*

*Savko A. D., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Historical Geology and Paleontology Department, Honoured Geologist of Russia*

*E-mail: savko@geol.vsu.ru*

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