
ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553.611:551.3.053

ЭПОХИ ФОРМИРОВАНИЯ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И СВЯЗЬ С НИМИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВТОРИЧНЫХ КАОЛИНОВ И КЕРАМИЧЕСКИХ ГЛИН В ФАНЕРОЗОЕ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

А. Д. Савко¹, А. В. Крайнов¹, М. Ю. Овчинникова¹, А. В. Милаш¹, В. М. Новиков²

¹Воронежский государственный университет
¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва

Поступила в редакцию 12 августа 2019 г.

Аннотация: в фанерозойской истории Воронежской антеклизы выделяются: додевонская, позднейфельская-раннеживетская, раннефранская, раннекамен-ноугольная, раннемезозойская (позднетриасовая-раннеюрская), раннемеловая (аптская), позднемеловая-раннепалеогеновая, позднеолигоценовая-раннемиоценовая коры выветривания (КВ). Наиболее мощные и продуктивные из них образовались по породам кристаллического фундамента в палеозое. В додевонское и девонское время сформировалась каолиновая КВ по гранитоидам, гнейсам и сланцам кристаллического фундамента. За счет её размыва в эрозионно-тектонической депрессии на юге антеклизы накопилась мощная мамонская песчано-каолиновая толща перспективная на открытие крупных месторождений вторичных каолинов, песчано-каолиновых смесей и кварцевых песков. С раннекаменноугольной КВ связаны месторождения богатых железных руд на джеспилитах и бокситов на сланцах. На гранитах и гнейсах, развитых в пониженных формах рельефа, образовалась каолиновая КВ, но она и коррелятные ей визейские глины не имеют промышленного значения из-за больших глубин залегания. Для аптского времени известны не только пестроцветная КВ по отложениям неокома, но и широко развитые коррелятные ей каолиновые глины в кварцевых песках. В КВ осадочных пород, подвергнувшихся размыву и переотложению, в морских бассейнах сформировались керамические глины низкого качества. В неогене в континентальных условиях в пределах аллювиальных равнин образовались месторождения тугоплавких глин лучшего качества, чем палеогеновых, но заметно уступающим по этому признаку аптским. Таким образом, в истории региона как положительной структуры формирование КВ и коррелятных им отложений происходило неоднократно, но для образования месторождений вторичных каолинов и керамических глин необходимы были благоприятные палеогеографические и тектонические условия. Вместе с тем, фациальные обстановки формирования глин на каждом стратиграфическом уровне существенно различались, что сказалось на вещественном составе, технологических свойствах сырья и масштабах имеющихся и перспективах открытия новых месторождений.

Ключевые слова: коры выветривания, вторичные каолины, тугоплавкие и огнеупорные глины, кварцевые пески.

AGES OF FORMATION WEATHERING CRUSTS AND CONNECTION WITH DEPOSITS OF LATERAL KAOLINS AND CERAMIC CLAYS WITHIN PHANEROZOIC OF THE VORONEZH ANTICLISE

Abstract: within phanerozoic of the Voronezh anteclyse stand out: predevonian, late eiffelian-early give-tian, early frasnian, early carboniferous, early mesozoic (late triassic-early jurassic), early cretaceous (aptian), late cretaceous-early paleogene, late oligocene-early miocene weathering crust. The most powerful and productive were formed in paleozoic by rocks of crystalline basement. In pre- and devonian times kaolin weathering crust was formed along granitoids, gneisses, and shales of crystalline basement. Due to its erosion in erosion-tectonic depression in the south of the anteclyse accumulated powerful ma-

mon sandy-kaolin stratum promising for the discovery of large deposits of lateral kaolin, sands-kaolin mixtures and quartz sands. Deposits of rich iron ores on BIFs and bauxites on shales are associated with early carboniferous time. On granites and gneisses developed in low relief forms, kaolin weathering crust was formed, but it and viséan clays correlated to it have no industrial value due to the large depths. In aptian time not only variegated weathering crust was formed from neocomian deposits, but also widely developed kaolin clay correlated to it in quartz sand. Within weathering crust of sedimentary rocks formed ceramic clay of low quality in marine basins. In Neogene time in continental conditions within the alluvial plains, deposits of refractory clays of better quality than paleogene, but replaced by aptian clay on this basis. Thus, in the history of the region as a positive structure, the formation of weathering crust and correlate deposits occurred repeatedly, but favorable paleogeographic and tectonic conditions were necessary for the formation of deposits lateral kaolin and ceramic clays. At the same time, the facies of clay formation at each stratigraphic level significantly differed, which affected the material composition, technological properties of raw materials and the scale of existing and prospects for discovering new deposits.

Key words: weathering crusts, lateral kaolins, refractory and fireproof clays, quartz sands.

Основным минералом рассматриваемых полезных ископаемых, обеспечивающим тугоплавкость и огнеупорность керамического сырья, является каолинит. Он образуется в КВ, откуда поступает в осадки. В меньшей мере этот минерал формируется хемогенным способом в результате выноса алюминия и кремнезема в озерно-болотные водоёмы при выветривании (сухарные глины типа флинт-клеи). Месторождения гидротермальных каолинов являются экзотическими, поскольку российским ученым В. П. Петровым показано, что многие из них, ранее относимые к эндогенным, на самом деле являются трещинными КВ. Кроме каолинита, в породах могут присутствовать иллит, монтмориллонит, кварц, оксиды алюминия, железа и титана, оказывающие влияние на технологические свойства глинистого сырья.

Исследованием КВ на породах кристаллического фундамента и осадочного чехла Воронежской антеклизы (ВА) занимались многие специалисты. Это К. Г. Глинка, А. А. Дубянский, С. Г. Вишняков, А. П. Никитина, Н. П. Хожайнов, А. Д. Савко, В. И. Сиротин, С. И. Чайкин, В. Н. Клекль, а также В. П. Семёнов, А. Б. Аскоченский, И. И. Никулин, Г. В. Войцеховский и другие. Труды этих исследователей в геологических разрезах фундамента антеклизы и в ее осадочном чехле были обнаружены многочисленные перерывы в осадконакоплении, зафиксированные КВ физического и химического разрушения пород различной мощности, состава и распространения [1].

Эпохи корообразования, когда происходила масштабная гипергенная дифференциация вещества, отмечаются в течение всей геологической истории Земли. Они зафиксированы КВ и коррелятными им отложениями. В неогее на территории ВА длительность континентальных перерывов, когда доминировали процессы планации и корообразования, значительно превосходила длительность эпох осадконакопления. При этом масштабы гипергенных изменений были весьма значительны. Только в позднем протерозое в результате физического и химического выветривания и сноса в окружающие ВА авлакогены был эродирован кристаллический фундамент мощностью свыше 800 м [2].

Наиболее ранними экзогенными образованиями были иллит-каолиновые доверхнерифейские КВ. Они развиты по кристаллическим породам фундамента на северо-западе и северо-востоке Воронежской антеклизы, где она граничит с Оршанским и Пачелмским прогибами. Блоки, в которых установлены эти неметаморфизованные КВ, ограничены глубинными разломами. Тектонический контроль отмечен и для всей площади развития отложений рифея, в прошлом занимавших большие территории. Эти КВ были размыты в последующее время, сохранились только их корни в линейных зонах. В фанерозое эпохи корообразования фиксируются по КВ и их коррелятным отложениям в отдельных частях антеклизы. Эти образования сильно отличаются по составу и мощностям для разных эпох.

Раннепалеозойская КВ (рис. 1–3) формировалась в течение 120–150 млн лет [1]. Образование элювия в начале этапа происходило в гумидном климате, господствовавшем в регионе в кембрийское, ранне- и среднеордовикское время. Начиная с позднего ордовика до конца раннего девона и, частично, в эйфельское время, стал преобладать аридный климат, о чем свидетельствуют толщи эвапоритов – доломитов с включениями гипса, ангидрита, а также залежи галита. На территории антеклизы сформировался расчлененный рельеф, унаследованный от позднекембрийского пенеппена. За пределами региона морское осадконакопление в каледонский этап происходило на западе платформы и в центральной части Московской синеклизы, где образования нижнего палеозоя представлены глинисто-песчаными, в меньшей степени карбонатными, сульфатными и фосфатными породами мощностью до 2 км. Морские трансгрессии, связанные с прогибанием в Северо-Атлантическом подвижном поясе, шли с запада; максимум их был в среднем ордовике.

Рассматриваемая КВ имеет линейно-площадной характер и повсеместно перекрыта ряжско-морсовскими отложениями эйфельского яруса среднего девона. Мощность её около 20 м, но по зонам трещиноватости она возрастает до ста метров. Наиболее сохранившаяся КВ отмечена в районе Курско-Бесединских

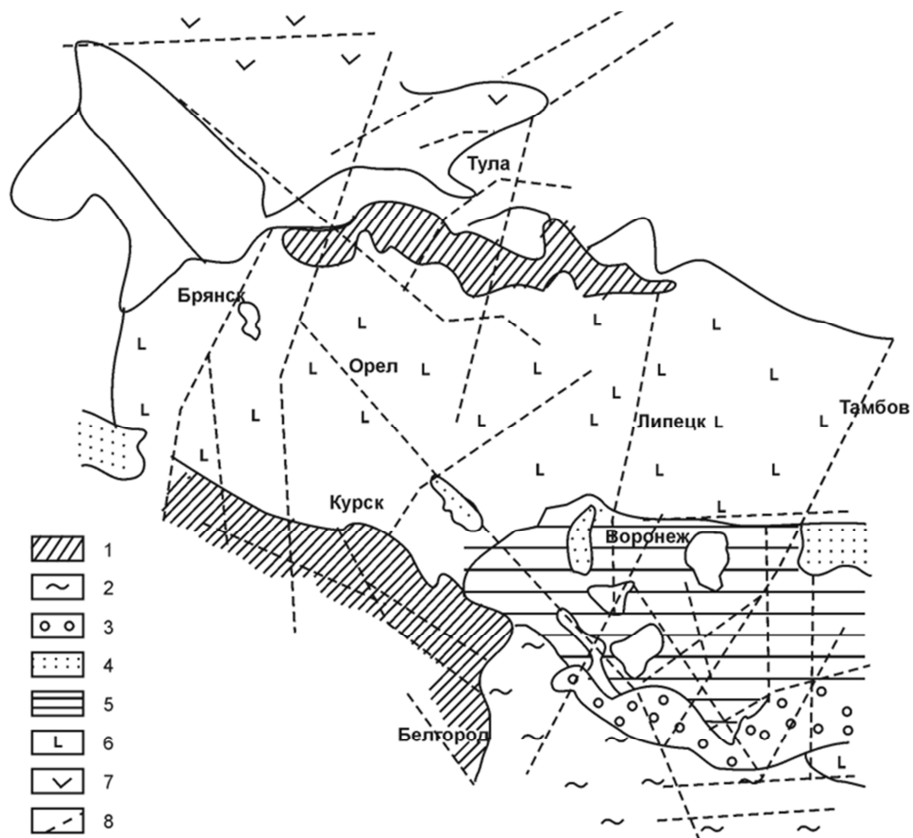


Рис. 2. Схема распространения домезозойских КВ Воронежской антеклизы по [1]. Условные обозначения: 1 – визейская, 2 – турнейская, 3 – позднефранская, 4 – раннефранская, 5 – позднеживетская, 6 – дорязскоморсовская, 7 – верхнепротерозойская, 8 – линии тектонических нарушений.

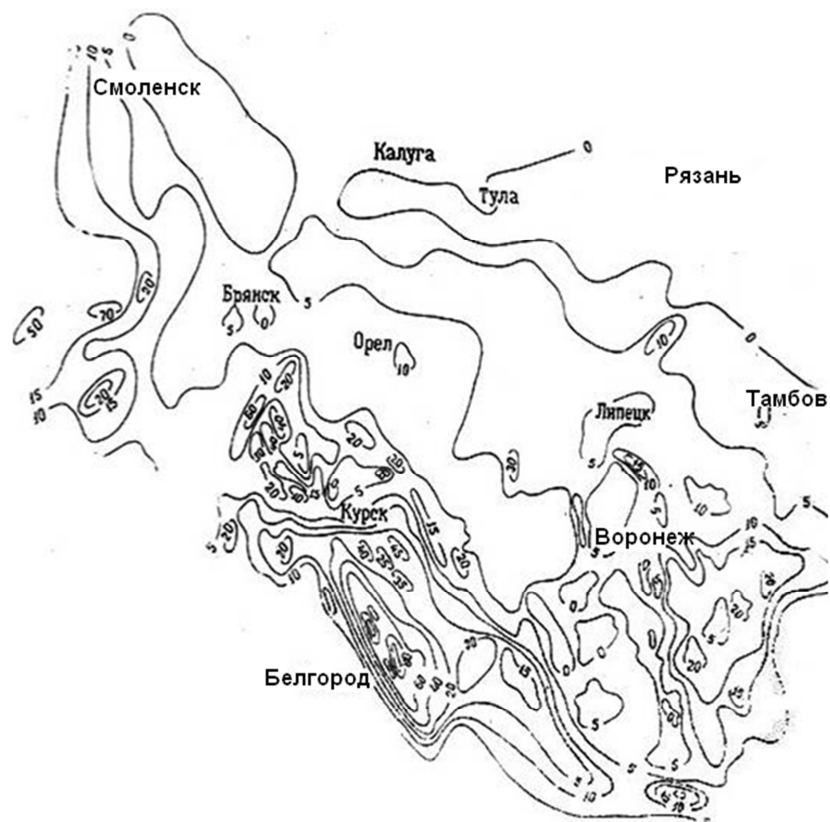


Рис. 3. Схема изопакит кор выветривания докембрийских пород Воронежской антеклизы [1].

аномалий. Наиболее выраженные разрезы КВ наблюдаются в зонах разломов и на пологих сводах понятий. В эрозионных ложбинах и на крутых склонах она размыта.

Раннапалеозойская КВ была уничтожена на значительной части антеклизы. За 120–150 млн лет, в течение которых здесь преобладали условия выветривания, климат менялся от гумидного субтропического до аридного и семиаридного [1]. Это хорошо видно по облику КВ, различного на изученных участках в пределах ВА. Так, белые каолины скважины, пробуренной на железнодорожной станции Ржакса Тамбовской области, возникли в гумидных условиях, существовавших в регионе с кембрия по силур включительно. КВ под эйфельскими образованиями на западе Липецкой области преимущественно иллитовые и образовались в условиях засушливого климата, вероятно, в раннем и начале среднего девона.

Позднеэйфельская-раннеживетская КВ развита на юго-востоке и востоке антеклизы под мосоловскими и старооскольскими отложениями. Она перекрывает гранитоиды, сланцы, базиты и гипербазиты. Особенностью этой преимущественно каолиновой КВ, возникшей по кристаллическим породам, является её малая мощность (5–7 м) и формирование полного хорошо выраженного профиля, но – без подзоны свободного глинозёма. Эта КВ заметно отличается от ранне-

палеозойской, для которой отмечены повышенная мощность нижних зон и широкое развитие иллита.

Раннефранская КВ наблюдается в присводовой северной части антеклизы, на ее северо-западе и, особенно, юго-востоке. Наиболее мощная каолиновая кора (до 20–25 м) развита по сланцам и гнейсам и приурочена к перерыву между живетскими и франскими отложениями. Охристо-каолининовая КВ на базальтах петинского возраста в пределах юго-восточной части Воронежской антеклизы четко стратифицирована, поскольку перекрыта песчано-каолиновой толщей (ПКТ) верхнего франа-фамена.

ПКТ образовалась за счет размыва и переотложения вещества раннепалеозойской и девонских КВ на кристаллических породах фундамента, а также терригенных образованиях среднего и позднего девона и КВ по ним [3]. Она развита в эрозионно-тектонической депрессии на юге Воронежской антеклизы (рис. 4). Мощность ПКТ колеблется от первых десятков до первых сотен метров. Она залегает на КВ кристаллических пород и терригенных отложениях живета и раннего франа, а вскрывается в районе Павловского поднятия в долинах рек. Толща сложена пролювиально-делювиальными (рис. 5а), аллювиальными, пойменными, том числе старичными, озерно-болотными (рис. 5б) образованиями. С ней связаны вторичные каолины, песчано-каолиновые смеси и кварцевые пески.

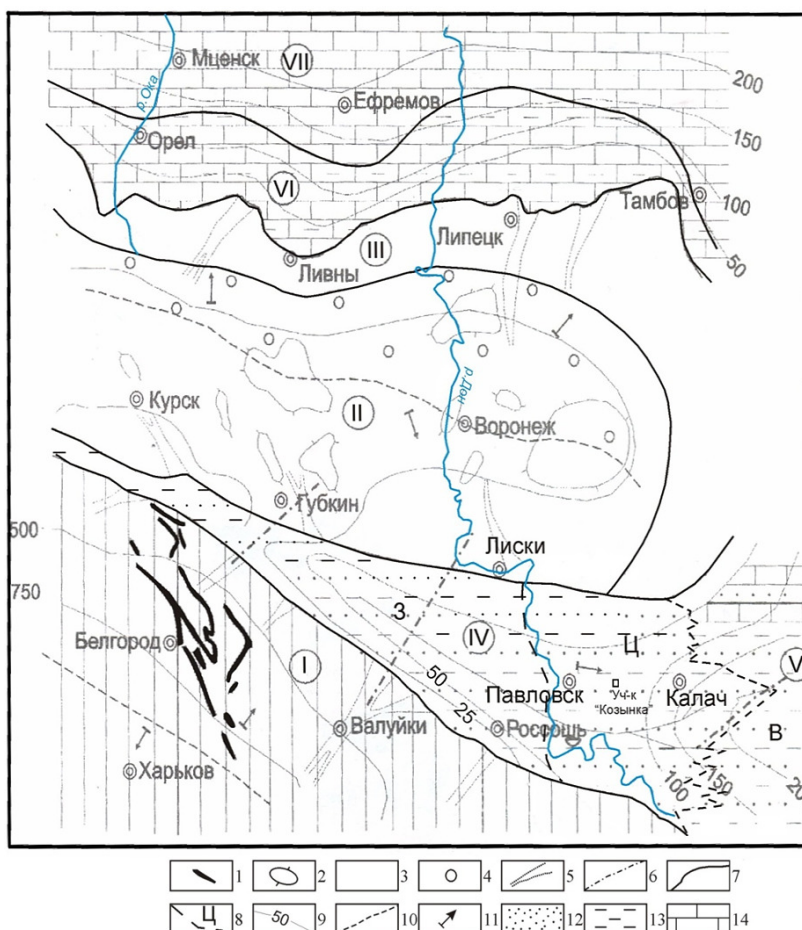


Рис. 4 Схематическая литолого-палеогеоморфологическая карта позднефранского-фаменского времени. Морфогенезис рельефа (римскими цифрами): I – пенеплен слаборасчлененный, равнины; II – эрозионно-денудационная, III – прибрежно-морская денудационно-аккумулятивная, IV – аллювиальная, V – дельтово-лагунная, VI – прибрежно-морская, VII – мелководно-морская. Элементы рельефа: 1 – гряды и останцы литолого-структурные, 2 – поднятия, 3 – области размыва, 4 – карстовые полости, 5 – речные долины, 6 – разломы; 7 – границы распространения равнин; 8 – зоны мамонской толщи; 9 – Центральная, В – Восточная; 9 – изопакиты позднефранских-фаменских отложений; 10 – линия водораздела; 11 – направление сноса. Породы: 12 – пески, алевроиты, 13 – глины, 14 – карбонаты.

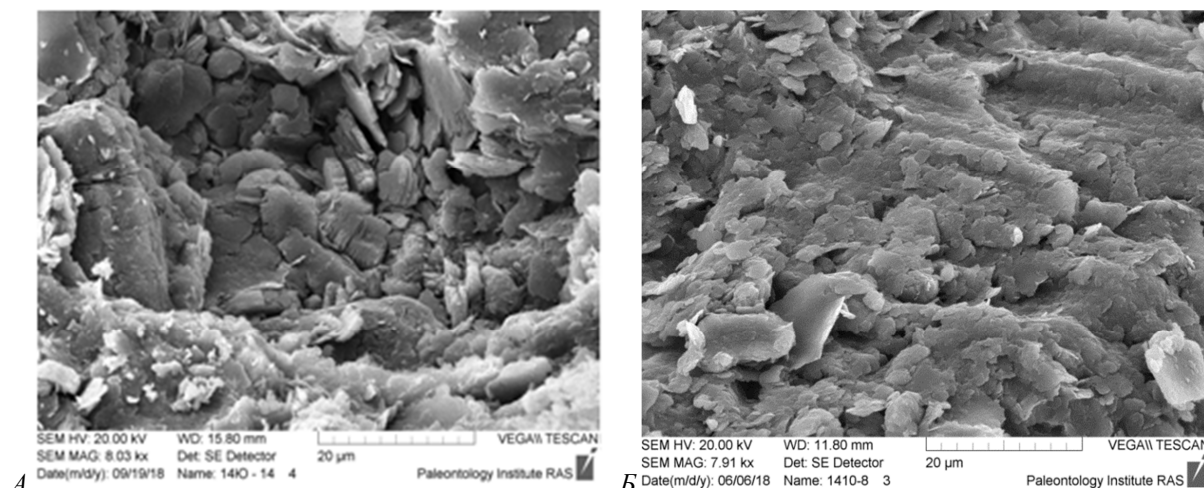


Рис. 5. Электронномикроскопические снимки: А – из пролювиально-делювиальных (проба 14Ю14), Б – из озерно-болотных отложений (проба 14Ю8).

Выделены три зоны развития ПКТ – Западная, Центральная и Восточная [4]. Наиболее благоприятна для поисков вторичных каолинов Центральная зона в районе Павловского поднятия, где они составляют до 50 % в разрезе толщи, а толщина залегает близ поверхности по долинам рек, в том числе Дона. По направлению на запад и восток глубина залегания толщи увеличивается, а общая мощность слоев каолинов уменьшается. В Центральной зоне возможна добыча неглубоко залегающих каолинов открытым способом, тогда как на её водораздельных пространствах и в двух других зонах – высоко экологичным гидроскважинным.

Разведочными работами в Калачском районе Воронежской области открыто крупное месторождение «Козынка» вторичных каолинов и кварцевых песков, в том числе с различным содержанием глинистой примеси, из которой возможно получение обогащенного каолина. Вмещающие кварцевые пески являются ценным стекольным, формовочным и строительным (песчано-гравийные смеси) попутно добываемым полезным ископаемым [5]. Технологическими испытаниями определена пригодность каолинов в качестве огнеупорного и тугоплавкого минерального сырья для керамических изделий различного назначения. Общие авторские запасы каолинов по категориям C_1+C_2 – 10155, по P_1 – 8634 тыс. т, песков по C_1+C_2 – 20755, по P_1 – 37012 тыс. т.

Учитывая широкое развитие ПКТ на большой территории, её значительные мощности, возможности раздельного получения путем гидроклассификации и гидроциклонирования ценных керамического, стекольного, формовочного и строительного, отбеливающего для бумажной промышленности сырья, открываются большие возможности открытия новых месторождений.

Раннекаменноугольная КВ на юге антеклизы начала формироваться в турнейское время на гранитоидах. Она имеет хорошо проработанный профиль мощностью 5–20 м, с кварцево-каолиновой верхней зоной. Но

максимум корообразования пришелся на позднеурнейско-ранневизейское время. Данная КВ описана многими исследователями на юго-западе ВА [6, 7, 8 и др]. Там она наблюдается в пределах крупного тектонического блока, где развита на породах докембрия и, в меньшей степени, девонских. Эта наиболее мощная и развитая КВ перекрыта породами среднего визе и юры. Её подошва облекает сложный эрозионный рельеф [7]. Позднеурнейско-ранневизейская кора, развитая по железистым кварцитам, содержит богатые железные руды, а в «сланцевом» варианте концентрируется свободный глинозём [8]. Кора этого же возраста описана А. Д. Савко и в Курском грабене [1], где она имеет мощность до 35 м и представлена каолинизированными глинами ястребовского, ардаатовского, воробьевского горизонтов. Породы на 60–70 %, а в верхней части на 80–90 %, сложены каолинитом.

Распространение различных типов КВ тесно связано с древним рельефом. На положительных формах рельефа, сложенных железистыми кварцитами и переслаивающимися с ними сланцами, отмечается латеритный профиль, который характеризуется наличием подзоны свободного глинозема в КВ. Здесь по гипсометрическому положению выделяются коры двух уровней [9]: низкого и высокого. Низкий гипсометрический уровень к началу визе – это рельеф эрозионной равнины с системой речных долин. Высокий гипсометрический уровень – рельеф денудационной равнины, где создавались благоприятные условия для формирования КВ. В зонах повышенной тектонической раздробленности возрастает вероятность унаследования корней кор выветривания древних эпох.

КВ высокого (останцового) уровня, распространённые исключительно в зонах развития пород раннего протерозоя, характеризуются большой мощностью. Она для богатых железных руд резко изменяется от первых до 300–400 м, а иногда и более. Для латеритной КВ сланцев мощность колеблется от 45–50 до 150–200 м. За пределами внешнего контура месторождений железных руд она падает до нескольких

десятков метров, а на породах низкого гипсометрического уровня – до 5–10 м. КВ низкого уровня имеет каолиновый профиль. Различие в мощностях и составе объясняется тем, что железистые кварциты в силу их большой устойчивости всегда возвышались в рельефе докембрия и, следовательно, условия дренирования их были исключительно благоприятными, чему способствовали также многочисленные плоскости расланцевания и тектонические нарушения.

Породы нижних горизонтов визейского яруса тесно связаны с размывом КВ. Они представлены на склонах поднятий и в мелких долинах обломочными железными рудами и бокситами, кварц-каолиновыми породами, каолиновыми, в том числе сухарными глинами и осадочными бокситами хемогенно-коллоидного происхождения [8]. С удалением от гряд распространены преимущественно кварцевые пески и алевриты, каолиновые и иллит-каолиновые глины. Большая глубина залегания отложений (свыше 300 м), образованных за счет размыва раннекаменноугольной КВ, отрицательно сказывается на перспективах поисков месторождений керамических глин.

Раннемезозойская КВ (позднетриасовая-раннеюрская) известна давно и распространена на северном склоне антеклизы в Тульской и Липецкой областях, где представлена горизонтом бурых железняков липецкого типа, развитых на девонских известняках. Это КВ линейно-площадная с карстовыми полостями, в которых мощности элювия увеличены. В южной части ВА каолинизации и размыву подвергались элювирированные осадочные породы палеозоя, поэтому в основании отложений батского яруса развиты каолиновые глины и кварцевые пески [1]. Они сосредоточены во врезанных в палеозойский фундамент речных долинах и имеют узлокальное распространение. Вместе с тем каолины КВ рассматриваемой эпохи широко развиты на Украинском щите, Урале, Казахстане, Западно-Европейской платформе, Казахстане, где сосредоточены многие крупные месторождения этого вида сырья.

Раннемеловая (аптская) КВ. В раннемеловое время происходила кардинальная перестройка ВА с неоднократными поднятиями и опусканиями, трансгрессиями и регрессиями мелководных морей. В аптский век почти вся территория антеклизы превратилась в сушу, за исключением её северо-восточной части, где осталось море. Раннемеловая КВ известна в южной части ВА на неокомских алевритистых глинах и глинистых алевритах, на которых с размывом залегают аллювиальные пески аптского возраста [1]. Выветривание выразилось в образовании осветленной каолиновой зоны с пятнами ожелезнения за счет разложения глауконита. Её мощность первые метры.

В апте южный склон Воронежской антеклизы представлял возвышенную денудационную поверхность. Она в северном направлении переходила в аллювиальную, лагунно-морскую и мелководно-морскую равнины. В это время здесь образовались речные системы с серией долин, протягивающихся с юга на

север и северо-восток. В пределах аллювиальной равнины интенсивно проявились процессы «проточного» диагенеза» [10]. Характерной чертой долин являлось широкое развитие в их пределах пойменных и старичных отложений, содержащих линзы огнеупорных и тугоплавких глин. Материал для них поставлялся, главным образом, за счет размыва развитых в пределах денудационной равнины пород мамонской ПКТ, песчано-глинистых пород верхнего девона, в меньшей степени юры и неокома [11].

В континентальных условиях глины формировались на относительно возвышенных участках речных долин, тогда как в лагунно-морских обстановках – в пониженных частях водоемов ниже иловой линии. Фациальный фактор определял формирование каолиновых глин в пределах озерных, болотно-озерных и болотных ландшафтов на возвышенных участках речных долин. В верхних болотах глины обогащались автохтонной органикой. Пойменный аллювий представлен «пастиловидными» алевритами, русловой – кварцевыми песками. Все типы пород переслаиваются и могут замещать друг друга в латеральном направлении. Поэтому фациальный фактор ответственен за вещественный состав глин, который неоднороден и определяется соотношениями глинистого, песчаного и углистого материала. В минеральном составе глинистого вещества ведущую роль играет каолинит при меняющейся в количественном отношении примеси других минералов.

Распределение фаций в пределах лагунно-морской равнины по сравнению с аллювиальной более выдержанно, что определялось расположением поднятий и впадин рельефа преаптской поверхности осадконакопления. Образование глинистых осадков, имеющих обычно горизонтальную слоистость, происходило в отрицательных структурах ниже зоны волнения. Запесоченность глин в ряде разрезов связана, по-видимому, с проявлениями штормовой деятельности, когда песчаный материал сбрасывался с поднятий во впадины.

С образованиями возвышенной аллювиальной равнины связаны огнеупорные глины латненского типа [10, 11]. Значительную роль в ее пределах «дозревания» вещества в условиях теплого гумидного климата при наличии значительного количества органического вещества. Поэтому песчаные породы имеют почти мономинеральный кварцевый состав, а в глинах резко повышены количества каолинита, и в них может присутствовать гиббсит [12].

В низовьях аллювиальной равнины по сравнению с её приподнятой частью процессы «дозревания» глинистого вещества были менее интенсивны из-за высокого уровня стояния грунтовых вод. Поэтому трансформации кристаллических решеток неустойчивых в восстановительно-кислой среде таких минералов как иллит и монтмориллонит были широко проявлены. Как следствие это вело к образованию огнеупорных глин криушанского типа с повышенными содержаниями смешанослойных минералов

типа монтмориллонит + каолинит, монтмориллонит + иллит [10]. Они менее качественные по сравнению с латненскими, поскольку их огнеупорность ниже. Песчаные породы в обоих месторождениях имеют практически мономинеральный кварцевый состав. При наличии алеврито-песчаной примеси в глинах, они из основных превращаются в полукислые и кис-

лые разновидности тугоплавких, несмотря на процессы «проточного диагенеза».

В результате проведенных методом СЭМ исследований (рис. 6) установлено, что минеральное вещество латненских глин состоит из двух фаз – кристаллической и биоморфной, отмечаются тонкодисперсные образования.

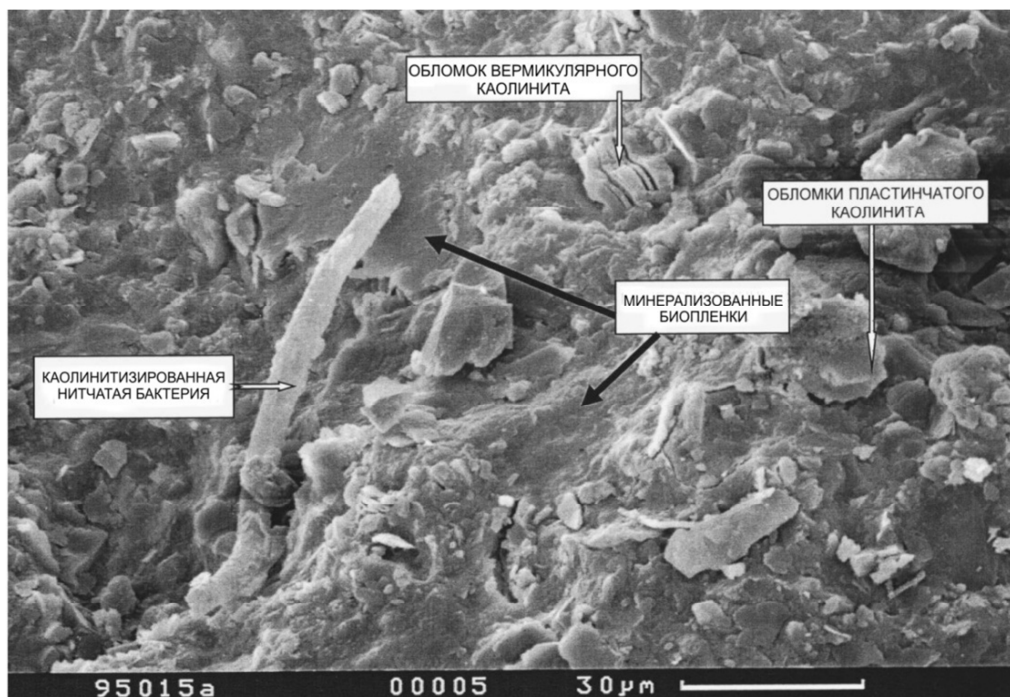


Рис. 6. Общий вид глины Латненского месторождения, аутигенный вермикулярный каолинит в массе обломочного пластинчатого каолинита [14].

Эти фазы (в тех или иных соотношениях) формируются последовательно и (или) одновременно и могут переходить одна в другую [14]. Кристаллическая фаза глин представлена терригенными минералами – обломками терригенного каолинита, кварца, полевого шпата и др., а также аутигенными – каолинитом, монтмориллонитом, гиббситом. Тонкодисперсные образования отображаются на электронно-микроскопических снимках в виде пленок. 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 отмечено завертывание рваных краев пленки. Судя по морфологическим признакам пленок можно предположить, что они развивались, в частности, по древесине (плоские, бугорчатые) и гелевидному веществу (гребневидные). Встречаются многослойные пленки. Содержание тонкодисперсных образований значительно. При «распускании» глин в воде образуются стойкие коллоиды. Биоморфная фаза представлена минеральными псевдоморфозами по древесине и минерализованными бактериальными формами [14]. Всё это свидетельствует о процессах изменения глин в постседиментационных процессах.

Почти мономинеральный каолиновый 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. Она во многом определяла окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия среды аутигенного минералообразования, а отсюда и поведение различных элементов в слоистой толще месторождения. По направленности этот процесс сходен с процессами выветривания. Происходило разложение и вынос неустойчивых компонентов – щелочей, щелочноземельных элементов, кремния силикатов глинистого осадка, обогащение его оксидами алюминия и титана вплоть до появления гиббсита. При «проточном» диагенезе Fe из неподвижной трехвалентной формы переводилось в подвижную двухвалентную и мигрировало из глин, улучшая их качества.

Наиболее качественные огнеупорные глины имеют существенно каолиновый состав с примесью гиббсита. Монтмориллонит и иллит играют роль плавней при обжиге глин с образованием качественного черепка. И не случайно сорта ЛТ-0 и ЛТ-1, используемые для получения наиболее ответствен-

ных изделий, при высоком содержании Al_2O_3 практически всегда содержат монтмориллонит.

При «проточном диагенезе» значительную роль играют процессы трансформации кристаллических структур глинистых минералов. Особенно это касается иллита, второго по содержанию после каолинита глинистого минерала в источниках сноса и неустойчивого в кислых условиях болотных ландшафтов. При миграции калия из структуры иллита получаются промежуточные структуры иллит + монтмориллонит, монтмориллонит, монтмориллонит + каолинит, а также новообразованные каолинит и гиббсит. Последние два минерала являются продуктом распада промежуточных минералов. При воздействии «проточного» диагенеза на алевритистые и запесоченные разности глин в них происходит разложение неустойчивых минералов и образование кварц-каолинового продук-

та. Это полуокислые и кислые разности тугоплавких глин могут использоваться в керамическом производстве при неременной добавке плавней, поскольку без них это неспекающееся сырьё. Примером развития таких глин является выделенный А. В. Крайновым участок Бахчеево.

К лагунно-морским отложениям приурочены тугоплавкие керамические глины. Они имеют унаследованный из источников сноса иллит-каолиновый состав (рис. 7), формировались за счет размыва КВ и перетолжения их вещества в источниках сноса. В благоприятных для осаждения глинистых илов обстановках лагунно-морской зоны образовалось большинство месторождений и проявлений керамических глин. Поэтому их поиски следует сосредоточить в этой зоне и работы в этом направлении уже привели к положительным результатам [11].

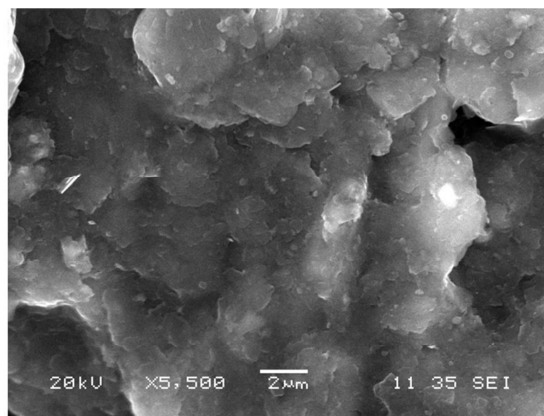
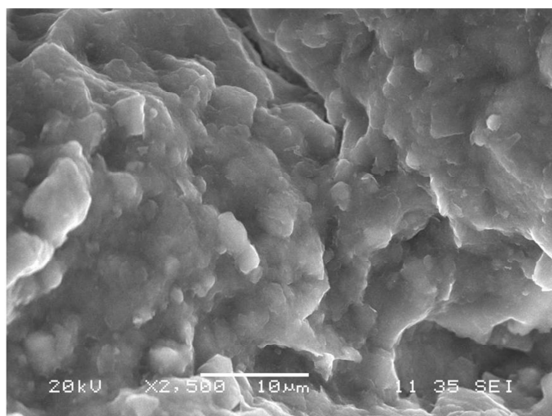


Рис. 7. Электронномикроскопические снимки терригенного каолинита Лукошкинского месторождения (По [13]).

Керамические глины наиболее изучены в местах их приповерхностного залегания, где вскрываются эрозионными процессами и добываются [13]. Вместе с тем фациальный анализ позволил выявить значительные поля развития пластов глин в пределах лагунно-морской зоны на юго-западе рассматриваемой территории, перекрытых на водоразделах осадочными породами мощностью первые десятки метров [11]. В связи с внедрением новых технологий разработки рыхлых полезных ископаемых при гидроскважинной добыче, эти глины после поисково-разведочных работ могут быть вовлечены в промышленную разработку с минимальными экологическими последствиями.

Таким образом, каолинит в аптских отложениях имеет полигенетический характер. Он образовался в девонских КВ, за счет которых сформировалась мамонская песчано-каолиновая толща, являющаяся основным источником сноса для аптских отложений. На аллювиальных равнинах аптского времени происходило новообразование каолинита, который вместе с аллотигенной его разностью слагает почти мономинеральные каолиновые глины. Терригенный материал, отлагавшийся в лагунно-морских условиях, не подвергался изменениям и там глины имеют полиминеральный состав с содержаниями каолинита не более

50 %. Они являются тугоплавким сырьем.

Позднемеловая-раннепалеогеновая КВ описана Б. В. Аскоченским и В. П. Семёновым [1]. Она развита на породах мергельно-меловой толщи в виде охристо-глинистого хоперского горизонта, залегающего под палеоценовыми образованиями на юге, юго-востоке и юго-западе ВА. Его мощности до 1–2 м, но в зонах трещиноватости увеличиваются до 7–8 м. Породы хоперского горизонта содержат проявления фосфоритов, редких земель, железных руд, цеолитов. Но основными источниками сноса для керамических глин служили нижнемеловые и палеозойские породы, развитые севернее поля распространения палеогеновых образований. Когда выветривались терригенные породы, то происходила мобилизация каолинового и кварцевого вещества. За счет него и образовались керамические глины и пески киевской и берекской свит.

В киевское время (средний эоцен) формирование керамических глин происходило в мелководно-морских условиях при размыве аптских и палеозойских каолинитсодержащих пород. Мелководно-морские фации неблагоприятны для формирования керамических глин, так как каолинит – главный минерал, определяющий их свойства, не устойчив в щелочной морской среде. Это подтверждается дифрактограммами,

на которых содержание каолинита, монтмориллонита и иллита примерно одинаковое. Поэтому месторождение Сергиевское и проявление Горшечинское, описанные в работе [15], сложены керамическими глинами невысокого качества, а киевские отложения наименее перспективны из ранее рассматриваемых для выявления в них месторождений качественных керамических глин.

В *берекское время (поздний олигоцен)* при дальнейшей регрессии палеогенового бассейна в прибрежно-морской зоне мелководного бассейна образовались полиминеральные керамические монтмориллонит-иллит-каолинитовые глины Шрамовского (Росошанского) месторождения [16]. Источником сноса для них помимо содержащих каолинит аптских и палеозойских пород были палеогеновые, особенно киевские отложения, представленные полиминеральными глинами [17].

Позднеолигоценовая-раннемиоценовая КВ унавивается только по коррелятным отложениям шапкинской свиты и корам выветривания этого возраста на каменноугольных породах соседнего Донбасса [2]. В нижней части разреза эта свита представлена красноцветными песчано-глинистыми породами

пролювиально-делювиального генезиса, залегающими на полтавских и киевских отложениях, за счёт элювия охристо-кварцево-каолинитового состава по которым она образовалась. Верхняя часть разреза сложена светло- до темно-серого цветов глинами, в основании которых отмечаются вишнево-красные конкреции.

Шапкинские тугоплавкие глины образовались в озеровидных старичных бассейнах выровненной аллювиальной равнины в перстративную фазу накопления аллювия [18]. С глинами озерной фации связаны месторождения (Краснопольское, Колотиловское, Краснояружское, Новеньское) и проявления (Готнянское, Курская Дуга) керамических глин в Белгородской области. Их разрез сходен с перевернутым каолиновым профилем выветривания, когда в нижней части первого преобладают монтмориллонит-каолинитовые глины, а в верхней – полиминеральные [19]. В глинах встречены вермикулярные кристаллы каолинита (рис. 8), что может быть свидетельством «проточного диагенеза» [11]. Следовательно, в озерно-болотных условиях происходило дозревание глинистого осадка, поэтому отложения нижнего миоцена перспективны для наращивания минерально-сырьевой базы керамических глин.

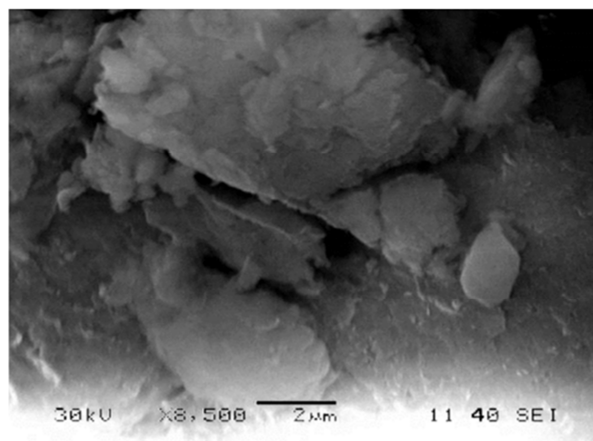
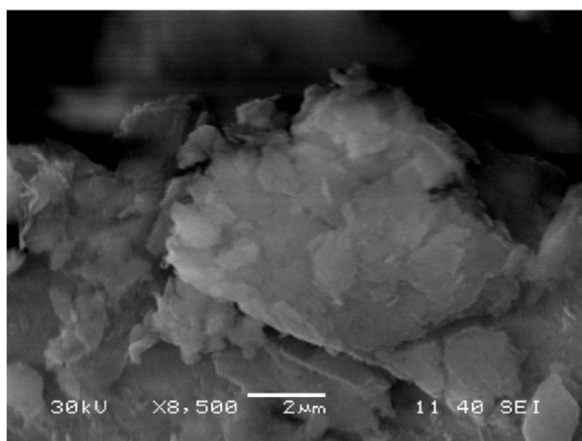


Рис. 8. Каолиниты из глин Краснояружского месторождения. РЭМ JSM 6380LV, аналитик к. г.-м. н. С. М. Пилюгин.

В *плиоценовую эпоху* формирование керамических глин байгоровского типа происходило в пойменной фации констративной фазы накопления долинного аллювия [18]. При этом наиболее мощные глинистые толщи накапливались между локальными поднятиями или перед ними. Источником сноса для каолинита, служили каолинитовые глины из аллювиальной толщи апта, развитой северо-западной месторождения и размываемой притоками крупной неогеновой реки. Вместе с тем, учитывая значительную мощность аллювия усманской свиты, подвешенность слоев глин в ней, можно предполагать наличие процессов проточного диагенеза, сходными с таковыми в озерно-болотных условиях аптского времени, приводящих к повышению содержания каолинита. По мнению Г. В. Холмового [18] наиболее перспективны для поисков тугоплавких глин прибортовые зоны долин достаточно крупных рек со слабо констративным аллювием, в

области питания которого эродировались глинистые породы.

Выводы

КВ в истории Воронежской антеклизы формировались неоднократно. Наиболее мощные и продуктивные из них образовались по породам кристаллического фундамента в палеозое. В додевонское и девонское время на юге региона сформировалась каолиновая КВ по гранитоидам, гнейсам и сланцам. За счет её размыва в эрозивно-тектонической депрессии накопилась мощная ПКТ, с которой связаны перспективы открытия крупных комплексных месторождений вторичных каолинов, кварцевых песков и песчано-каолиновых смесей.

С раннекаменноугольной КВ связаны крупные месторождения богатых железных руд на джеспилитах и бокситов на сланцах. На гранитах и гнейсах, развитых

в пониженных формах рельефа, образовалась каолиновая КВ, но она и коррелятные ей глины визейского яруса не могут иметь промышленного значения из-за больших глубин залегания.

В мезокайнозой породы докембрия и КВ по ним практически полностью были перекрыты осадочными образованиями. Коррелятные поздне триасово-раннеюрской КВ отложения в основании бата, представлены линзами каолиновых глин и кварцевых песков. Они имеют ограниченное распространение и обнаружены в эрозионных долинах, врезанных в породы палеозоя. В аптское время образовались не только пестроцветная КВ по образованиям неокома, но и широко развитые коррелятные ей каолиновые глины в кварцевых песках. С первыми связаны разведанные месторождения огнеупорных и тугоплавких глин и перспективы открытия новых объектов. Кварцевые пески являются попутно добываемым строительным, стекольным и формовочным сырьем.

В кайнозое за счет размыва поздне меловой-раннепалеогеновой КВ осадочных пород, подвергнувшихся размыву и переотложению, в морских бассейнах сформировались керамические глины низкого качества. В неогене в континентальных условиях в пределах аллювиальных равнин образовались в месторождения тугоплавких глин лучшего качества, чем палеогеновых, но заметно уступающим по этому признаку аптским глинам.

Таким образом, в истории региона как положительной структуры формирование КВ и коррелятных им отложений происходило неоднократно, но для образования месторождений вторичных каолинов и керамических глин необходимы были благоприятные палеогеографические и тектонические условия. Они сложились в позднедевонское, аптское, позднеэоценовое, олигоценное, раннемиоценовое и раннеплиоценовое время. Вместе с тем, фациальные обстановки формирования глин на каждом стратиграфическом уровне существенно различались, что сказалось на вещественном составе, технологических свойствах сырья и масштабах имеющихся и перспективах открытия новых месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савко, А. Д. Фанерозойские коры выветривания и связанные с ними отложения Воронежской антеклизы, их неметаллические полезные ископаемые : дисс. д-ра геол.-мин. наук : 04.00.21 / Савко Аркадий Дмитриевич ; Воронеж, 1984. – 551 с.
2. Савко, А. Д. Коры выветривания в геологической истории Восточно-Европейской платформы / А. Д. Савко, А. Д. Додатко. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1991. – 231 с.
3. Савко, А. Д. Литология и полезные ископаемые мамонской песчано-каолиновой толщи Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, С. В. Мануковский, Л. Т. Шевырев // Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 53. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 2008. – 112 с.
4. Вторичные каолины девона Воронежской антеклизы на примере месторождения Козынка / А. Д. Савко [и др.] //

Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2018. – № 2. – С. 20–28.

5. Мамонская толща – источник получения стекольного, формовочного и строительного песчаного сырья, обогащенного каолина / С. В. Мануковский [и др.] // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2018. – № 1. – С. 58–66.
6. Никитина, А. П. Древняя кора выветривания кристаллического фундамента Воронежской антеклизы и её бокситоносность / А. П. Никитина. – М.: Наука, 1968. – 160 с.
7. Никулин, И. И. Железорудные коры выветривания Белгородского района Курской Магнитной аномалии / И. И. Никулин, А. Д. Савко // Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 85. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2015. – 102 с.
8. Сиротин, В. И. Бокситы КМА / В. И. Сиротин, Е. Е. Белявцева // Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 93. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2016. – 104 с.
9. Сиротин, В. И. История минералов свободного глинозема и эволюция литолого-минералогических типов бокситов КМА / В. И. Сиротин // Литология и полезные ископаемые. – 1973. – № 6. – С. 83–86.
10. Минерагения аптских отложений Воронежской антеклизы. Статья 1. Огнеупорные и керамические глины / А. Д. Савко [и др.] // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2011. – № 2. – С. 116–136.
11. Савко, А. Д. Керамические глины Центрально-Черноземного района / А. Д. Савко, А. В. Крайнов // Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 88. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2015. – 109 с.
12. 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.
13. Андреенков, В. В. Естественные отделочные и облицовочные материалы северо-востока Воронежской антеклизы / В. В. Андреенков, А. Д. Савко // Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 15. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – 94 с.
14. 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.
15. Дмитриев, Д. А. Среднеэоценовые глинистые породы южной и юго-восточной части Центрально-Черноземного региона // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2016. – № 1. – С. 102–107.
16. Савко, А. Д. Особенности минералогического состава керамических глин месторождения «Россошанское» (Воронежская область) / А. Д. Савко, В. П. Михин, М. И. Концевой // Геол. Вестн. Центральных районов России. – 2002. – № 1. – С. 27–32.
17. Бартнев, В. К. Литология, фации и полезные ископаемые ЦЧЭР / В. К. Бартнев, А. Д. Савко / Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 7. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2001. – 146 с.
18. Холмовой, Г. В. Неоген-четвертичный аллювий и полезные ископаемые бассейна Верхнего Дона / Г. В. Холмовой. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1991. – 231 с.
19. Крайнов, А. В. Керамические глины кайнозоя Центрально-Черноземного района / А. В. Крайнов, Д. А. Дмитриев // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2019. – № 2. – С. 81–87.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Савко Аркадий Дмитриевич, заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Заслуженный геолог России

E-mail: savko@geol.vsu.ru; Тел.: +7 (473) 220 86 34

Крайнов Алексей Владимирович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры исторической геологии и палеонтологии

e-mail: aleksey_vsu_geo@mail.ru

Тел.: +7 (473) 220 86 34

Овчинникова Марина Юрьевна, аспирант кафедры исторической геологии и палеонтологии

E-mail: marina.merkushova@mail.ru

Тел.: +7 (473) 220 86 34

Милаш Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий инженер НИИ Геологии ВГУ

E-mail: pirit86@yandex.ru

Тел.: +7 (473) 220 86 34

ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва

Новиков Владимир Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: novikov@igem.ru; Тел.: +7 (495) 230 82 24

Voronezh State University

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

E-mail: savko@geol.vsu.ru

Tel.: +7(473) 220 86 34

Krainov A. V., Candidate of the Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of Historical Geology and Paleontology Department

E-mail: aleksey_vsu_geo@mail.ru

Tel.: +7 (473) 220 86 34

Ovchinnikova M. Yu., Postgraduate student of the Historical Geology and Paleontology Department

E-mail: marina.merkushova@mail.ru

Tel.: +7 (473) 220 86 34

Milash A. V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, the lead engineer of scientific research institute of Geology of the VSU

E-mail: pirit86@yandex.ru

Tel.: +7 (473) 220 86 34

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS (IGEM RAS), Moscow

Novikov V.M., Doctor of the Geological and Mineralogical Sciences, leading researcher

E-mail: novikov@igem.ru

Tel.: +7 (495) 230 82 24