

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА



На правах рукописи

КРАЙНОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАОЛИНИТОНАКОПЛЕНИЯ В ФАНЕРОЗОЕ
ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

Специальность: 1.6.5 – Литология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Москва – 2023

Работа выполнена на кафедре исторической геологии и палеонтологии
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования "Воронежский государственный университет" (ФГБОУ ВО
ВГУ)

Научный консультант: *Савко Аркадий Дмитриевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор*

Официальные оппоненты: *Гаврилов Юрий Олегович – доктор геолого-минералогических наук, председатель НС по проблемам литологии и осадочных полезных ископаемых ОНЗ РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Российской академии наук,*

Лаломов Александр Валерианович – доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), ведущий научный сотрудник

Морозов Владимир Петрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", заведующий кафедрой минералогии и литологии

Защита состоится «02» июня 2023 г. в 14 час. 30 мин. на заседании диссертационного совета МГУ.016.8 Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, ауд. 621.

E-mail: poludetkinaelena@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27). Со сведениями о регистрации участия в защите в удаленном интерактивном режиме и с диссертацией в электронном виде также можно ознакомиться на сайте ИАС «ИСТИНА» <https://istina.msu.ru/dissertations/540017874/> и на портале <https://dissovet.msu.ru/dissertation/016.8/2445>.

Автореферат разослан « » марта 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.016.8,

кандидат геолого-минералогических наук

Е.Н. Полудеткина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Каолинит является основным минералом глин, широко используемых в народном хозяйстве в качестве сырья для керамических изделий, огнеупорных материалов, наполнителей в производстве пластмасс, резины, бумаги, в строительной, лакокрасочной и других отраслях промышленности. Этот минерал слагает каолины (синоним каолинитовые глины), среди которых выделяются первичные (коры выветривания) и вторичные (делювиально-пролювиальные и озерно-болотные). При размыве и дальнем переносе вещества кор выветривания (КВ) формируются тугоплавкие и огнеупорные глины, содержащие примесь других глинистых и неглинистых минералов. В меньшей мере, каолинитовые глины образуются в процессе химического осадконакопления (сухарные типа флинт-клей). Месторождения гидротермальных каолинов являются экзотическими, поскольку российским ученым В. П. Петровым [Петров, 1967] показано, что большинство из них, ранее относимых к эндогенным, на самом деле являются трещинными КВ

Рассматриваемые глины, динамика объемов добычи которых неуклонно возрастает, являются дефицитным сырьём не только для Центрально-Черноземного района, но и всей Европейской части России. Воронежская антеклиз (ВА), расположенная на территории Орловской, Липецкой, Тамбовской, Курской, Воронежской и Белгородской областей, является наиболее благоприятной структурой для наращивания запасов каолинитовых глин. Это связано с тем, что в фанерозое в её пределах неоднократно формировались КВ, при размыве и переотложении их вещества на разных стратиграфических уровнях образовались залежи рассматриваемых глин. Их немногочисленные месторождения, открытые ранее, в значительной мере отработаны. Другие объекты на сегодняшний день нерентабельны из-за низкого качества сырья или его глубокого залегания.

Керамические глины рассматриваемого региона наиболее развиты на северо-западе Воронежской области, где расположено хорошо изученное Латненское месторождение огнеупорных глин аптского возраста. В его разрезах имеются слои тугоплавких глин, к которым отнесены разности, обогащенные песчано-алевритовым материалом и имеющие пониженные суммарные содержания оксидов алюминия и титана (менее 28%). На середине расстояния от Воронежа до Борисоглебска, в Аннинском районе разведано Криушанское месторождение огнеупорных глин, залегающих обычно на глубинах более 100 м. Из-за глубокого залегания полезной толщи, это месторождение нерентабельно на настоящее время для отработки.

На остальной территории имеются разрабатываемые месторождения керамических глин, в том числе Большекарповское в Курской, Малоархангельское в Орловской, Лукошкинское и Чибисовское в Липецкой областях. Они, за исключением Большекарповского, эксплуатируются давно и их запасы в значительной мере

исчерпаны. Поэтому проблема поисков весьма востребованных керамических глин чрезвычайно актуальна. Помимо аптских, месторождения и проявления керамических глин известны в отложениях берекской (верхний олигоцен), шапкинской (нижний миоцен), усманской (нижний плиоцен) свит. С берекскими образованиями связано крупное, но некондиционное, Россошанское месторождение, с шапкинскими – мелкие Краснопольское, Колотиловское, Краснояружское, Новенькое, с усманскими – среднее по запасам Байгоровское.

Большой интерес представляет мамонская песчано-каолиновая толща (ПКТ) верхнего девона, развитая на юге ВА. С ней многие авторы связывали возможности нахождения месторождений каолинов, проводились поисково-разведочные работы на прогнозируемых участках, но только в 2017 году было разведано первое месторождение вторичных каолинов Козынка, которые относятся к керамическому сырью. Это подтвердило перспективность мамонской толщи на подобные месторождения и определило необходимость в более обоснованном прогнозе на них.

Формирование керамических глин происходило в различных условиях: континентальных (пролювиально-делювиальные, пойменные, старичные озерно-болотные фации), лагунно-морских и мелководно-морских. Но вопросы генезиса глин остаются спорными. С учетом крайней изменчивости по разрезу и латерали отложений, содержащих керамические глины, крайне необходим был фациальный анализ как основы для составления прогнозных карт. Полученные с помощью этого метода данные позволяют уточнить поля распространения керамических глин, что необходимо для расширения их минеральной базы. Очень важным представляется установление связи вещественного состава с технологическими свойствами глин, а также прогноз их поисков. Решению всех этих проблем и посвящена настоящая работа.

Степень разработанности темы исследования. При проведении исследований автор опирался на труды таких ученых, как Г.И. Бушинский, В.П. Петров, А.Г. Коссовская, А.И. Конюхов. Коллективом авторов во главе с А.Д. Савко был опубликован ряд работ, посвященный исследованию керамических глин ВА. Состав глинистых отложений фанерозоя рассмотрен в монографических трудах А.Д. Савко, и в работе А.В. Жабина.

Однако, несмотря на длительную историю изучения керамических глин, вопросы образования их месторождений остаются спорными. Одни авторы считают, что состав глин определяется дифференциацией вещества из источников сноса в бассейнах осадконакопления; другие отводят значительную роль диагенетическим процессам в преобразовании терригенного глинистого осадка. Тем не менее, знания о механизме формирования месторождений качественных керамических глин необходимы для прогноза поисков этих месторождений.

Цель и задачи исследования. Основная цель работы – выявление распространения, вещественного состава и условий формирования каолинитовых глин рассматриваемого региона для прогноза поисков и технологических свойств глинистого сырья в зависимости от его вещественного состава.

В соответствии с этой целью были определены следующие **задачи**:

1. Сбор и изучение фондовых источников по каолинитовым глинам;
2. Проведение полевых работ;
3. Литолого-фациальный анализ отложений на основе известных и вновь полученных автором данных;
4. Сравнительный анализ геологии известных месторождений региона и вновь открытых проявлений керамических (каолинитовых) глин;
5. Изучение прецизионными методами вещественного состава керамических (каолинитовых) глин;
6. Установление их генезиса и возможных технологических свойств глинистого сырья;
7. Выявление зависимости технологических свойств от вещественного состава глин;
8. Анализ возможностей использования вмещающих и перекрывающих керамические глины пород;
9. Выявление этапности эволюции накопления каолинита в истории ВА;
10. Обоснование поисков и разведки керамического сырья в рассматриваемом регионе.

Научная новизна. Определена преимущественная приуроченность керамических глин к эпохам образования и размыва каолиновых КВ или связанных с ними осадочных отложений. Впервые для мамонской толщи выделены три группы фаций, описано первое открытое месторождение каолинов и показана перспективность нахождения подобных объектов в центральной части поля распространения толщи. Показано, что на аллювиальных равнинах не только в аптское время процессы «проточного диагенеза» приводили к каолинизации глинистого вещества, но и проявились в кайнозое, в меньшей степени в позднем девоне.

Впервые установлено четыре уровня развития кайнозойских тугоплавких керамических глин, по два в палеогене и неогене. Глины палеогена формировались в морских, а неогена – в континентальных условиях. Показано, что обычно месторождения керамических глин комплексные, во вмещающих и перекрывающих толщах и содержат кварцевые пески, а также некоторые другие полезные ископаемые. Впервые составлена минерагеническая карта развития керамических глин для рассматриваемого региона.

Фактический материал. Объектом исследований явились отложения верхнего девона, апта, палеогена и неогена. Материалы были собраны автором в 2007–2019 годах при участии в следующих работах: 1. «Выделение перспективных площадей для постановки поисково-разведочных работ на тугоплавкие глины в южной части ЦФО (Липецкая, Воронежская, Курская, Орловская, Белгородская и Тамбовская области)» в рамках объекта: «Поисково-оценочные работы на тугоплавкие глины и геолого-экономическая оценка нераспределенного фонда недр для обеспечения развития строительной индустрии Центрального федерального округа России»; 2. ГДП-200 листа N-37-XXXI (Малоархангельск); 3. ГДП-200 листа М-37-II (Кшенский); 4. ГДП-200 листа М-37-III (Касторное); 5. ГДП-200 листа N-37-XXXIII (Елец); 6. ГДП-200 листа М-37-XI (Бобров).

В процессе проведения работ задокументирован и опробован керн более 70 скважин, описаны и опробованы породы свыше 60 точек наблюдений (обнажения и карьеры) в пределах Воронежской, Курской, Липецкой, Белгородской и Орловской областей. С помощью прецизионных методов (дифрактометрический, зондовый, электронно-микроскопический и др.) исследованы минеральный и химический составы глин свыше 300 образцов. Изучены довольно обширные фондовые материалы, включающие 21 производственный отчет общим объёмом в несколько тысяч страниц. Данные из них использовались при составлении фациальных и прогнозных карт.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы. Впервые разработана и обоснована этапность и эволюция каолинитонакопления в фанерозое ВА. Составленная автором минерагеническая карта является основой для прогноза и поисков вторичных каолинов, тугоплавких и огнеупорных глин. Так проведенное на основе этого прогноза заверочное бурение позволило в аптских и мамонских отложениях выявить перспективные участки, которые рекомендованы для разведочных работ на месторождения керамического сырья.

Результаты работы вошли в главы производственных отчетов по объекту: «Поисково-оценочные работы на тугоплавкие глины и геолого-экономическая оценка нераспределенного фонда недр для обеспечения развития строительной индустрии Центрального федерального округа России»; ГДП-200 листа N-37-XXXI (Малоархангельск); ГДП-200 листа М-37-II (Кшенский); ГДП-200 листа М-37-III (Касторное); ГДП-200 листа N-37-XXXIII (Елец); ГДП-200 листа М-37-XI (Бобров) [Черешинский и др., 2011 ф; Черешинский и др., 2014 ф; Черешинский и др., 2016 ф; Черешинский и др., 2019 ф]. По результатам работ выделены перспективные участки на тугоплавкое и огнеупорное сырье.

Методология и методы исследования. Решение задач по изучению глин и последующим минерагеническим районированиям определило использование

комплекса методик. Были проведены полевые исследования, камеральные построения фациальных карт и разрезов, лабораторные и технологические испытания. На основании комплексного анализа данных выделены таксоны для минерагенического районирования в рангах: минерагенические (рудные) зоны, районы и узлы.

На защиту выносятся следующие положения.

1. В фанерозое Воронежской антеклизы образование каолинитовых глин связано с континентальными перерывами, во время которых происходило формирование кор выветривания, их последующем размывом и накоплением в различных фациальных условиях залежей. Впервые выделены восемь этапов каолинитообразования, которые коррелируются с процессами каолинитообразования в истории Земли. Перспективными для нахождения месторождений каолинитовых глин являются отложения позднего девона, апта и кайнозоя.

2. Каолины в отложениях верхнего девона связаны с размывом мощных каолиновых кор выветривания на кристаллических породах докембрия и формированием пролювиально-делювиальных, аллювиальных (старичных) и озерно-болотных образований мамонской толщи. Каолины тесно ассоциируют с кварцевыми песками, образуя в них пласты и линзы, а также входят в состав обломочных пород в виде основной примеси.

3. Глины аптского возраста образовались преимущественно за счет размыва и переотложения пород мамонской песчано-каолиновой толщи. Впервые доказано, что существенно каолинитовые (огнеупорные) разновидности формировались в пределах аллювиальной равнины, где широко проявились процессы проточного диагенеза, приводившие к дозреванию осадков. Иллит-каолинитовые (тугоплавкие) разновидности отложились в лагунно-морской зоне и унаследовали состав пород источника сноса.

4. Впервые установлено, что керамические глины кайнозоя приурочены к отложениям четырех стратиграфических уровней: I – киевскому (эоцен), II – полтавскому (верхний олигоцен), III – шапкинскому (нижний миоцен), IV – усманскому (нижний плиоцен). Киевские и полтавские глины имеют монтмориллонит-иллит-каолинитовый состав, шапкинские и усманские – монтмориллонит-каолинитовый с незначительной примесью иллита. Породы первых двух уровней формировались в мелководно-морских фациях, третьего и четвертого – в старично-озерных.

5. В пределах Центрально-Чернозёмного района наибольшие перспективы наращивания минерально-сырьевой базы каолинитового сырья связаны с образованиями апта и мамонской толщи. Вмещающими для глин являются высоко дифференцированные кварцевые пески, представляющие стекольное, формовочное и строительное сырьё. Для каолинов девона установлена Мамонская минерагеническая зона, включающая Павловск-Калачский минерагенический район. Выделенная для

керамических глин аптского яруса Малоархангельск-Воронежская минерагеническая зона включает Воронежский и Курско-Елецкий минерагенические районы. Эти минерагенические таксоны охватывают прогнозируемые месторождения с промышленными запасами и прогнозными ресурсами и позволят обеспечить каолинами и керамическим сырьём Европейскую часть России.

Апробация результатов исследования: Материалы диссертации были представлены на следующих научных конференциях: I Российское рабочее совещание «Глины-2011» (Москва, 2011); Минеральные индикаторы литогенеза (Российское совещание с международным участием (конференция с международным участием, Сыктывкар, 2011); Концептуальные проблемы литологических исследований в России (Казань, 2011); Всероссийское совещание, посвященное 100-летию основателя Ленинградской литологической школы Льва Борисовича Рухина (Санкт-Петербург, 2012); Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых (международная научно-практическая конференция, Симферополь–Судак, 2012); II Российское рабочего совещание "Глины и глинистые минералы" (Пушино, 2012); XV Международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (Пермь, 2015); VIII Всероссийское литологическое совещание (Москва, 2015); Третье Российское совещания по глинам и глинистым минералам «ГЛИНЫ-2015» (Москва, 2015); Экзолит – 2018 – научные чтения, посвященные памяти доктора геолого-минералогических наук, профессора Олега Васильевича Япаскурта (Москва, 2018); 12 Уральское литологическое совещание (Екатеринбург, 2018); Экзолит – 2019 – Научные чтения, посвященные 110-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, профессора Григория Федоровича Крашенинникова (Москва, 2019); IX Всероссийское литологическое совещание с международным участием (Казань, 2019); XVII Геологический съезд (Республики Коми, 2019); Международная стратиграфическая конференция Головкинского (Казань, 2019); Экзолит – 2020 – Научные чтения (Москва, 2020), XVI Международное совещание по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ–2020) «Россыпи и месторождения кор выветривания XXI века: задачи, проблемы, решения» (Воронеж, 2021), Экзолит – 2021 – Научные чтения (Москва, 2021), Экзолит – 2022 – Научные чтения (Москва, 2022)

Защищаемые положения опубликованы в 65 научных статьях, из них 27 в изданиях, рекомендованных ВАК (в «Вестнике Воронежского государственного университета. Серия: Геология» – 21; в «Докладах Академии наук» – 3, в «Литологии и полезные ископаемые» – 2, в «Геология рудных месторождений» – 1). В 2015 г была опубликована монография «Керамические глины Центрально-Черноземного района».

Объем и структура работы: Диссертация, общим объемом 265 страниц состоит из введения, 8 глав и заключения. Включает 27 таблиц, 67 рисунков и список литературы из 225 наименований.

В первой главе приводится геологическое строение изучаемого района, во второй – описание методики исследований; в третьей освещается история изученности керамических глин Центрально-Черноземного района. В четвертой главе описаны вторичные каолины мамонской толщи верхнего девона, в пятой – керамические глины аптского яруса. В шестой главе приводятся данные о керамических глинах кайнозоя, в седьмой описаны кварцевые пески вмещающих и вскрышных пород, а также другие полезные ископаемые. Восьмая глава посвящена минерагеническому районированию керамических глин региона, а также перспективам их поисков и разведки.

Благодарности: Неоценимую помощь в подготовке и написании работы внесли доценты кафедры исторической геологии и палеонтологии Черешинский А.В., Дмитриев Д.А., Милаш А.В., к. г-м.н. Овчинникова М.Ю.; доцент кафедры общей геологии и геодинамики Жабин А.В.; старший научный сотрудник НИИ геологии ВГУ Мануковский С.В.; директор ООО «Акма-Универсал» Корабельников Н.А.; доцент кафедры полезных ископаемых и недропользования Базиков Н.С.; ученые ИГЕМ РАН Новиков В.М., Боева Н.М., которых автор искренне благодарит. Особую признательность автор выражает научному консультанту своей работы профессору Савко А.Д., во многом способствующему тому, что она состоялась.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

В **первой главе** приведено краткое строение исследуемой территории. В строении Воронежской антеклизы участвуют два структурных этажа – нижний, сложенный кристаллическими породами архея и раннего протерозоя, и верхний фанерозойский, состоящий из осадочных образований девонской, каменноугольной, юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем [Савко, 2002].

Отдельный раздел этой главы посвящен эпохам формирования кор выветривания и коррелятных им отложений. Процессы выветривания, приводящие к масштабной гипергенной дифференциации вещества, происходили в течении всей геологической истории Земли. Выделяют *доверхнерифейскую, раннепалеозойскую, позднеэйфельско-раннеживетскую, франскую, раннекаменноугольную, раннемезозойскую, раннемеловую (доаптскую), позднемеловую-раннепалеогеновую* эпохи корообразования [Савко, 1984; Савко, Додатко, 1991; Никулин, Савко, 2015].

Вторичные каолины и керамические глины ВА связаны с континентальными перерывами, формированием КВ и коррелятных с ними осадочных пород. В истории региона как положительной структуры это происходило многократно, но для

образования месторождений указанных полезных ископаемых необходимы были благоприятные палеогеографические и тектонические условия. Они сложились в позднедевонское, аптское, позднеэоценовое, олигоценовое, раннемиоценовое и раннеплиоценовое время. Фациальные обстановки формирования глин на каждом стратиграфическом уровне существенно различались, что сказалось на вещественном составе, технологических свойствах сырья и масштабах месторождений.

Во **второй главе** описана методика исследования. Решение поставленных задач определило использование комплекса методик. Их можно разделить на пять групп. Первая включает методы проведения полевых работ с отбором фактического материала, вторая – обработку полученных материалов в камеральный период, в том числе построение фациальных карт и разрезов. Третья группа использовалась для исследований вещественного состава глин, четвертая – для изучения их технологических свойств. Пятая группа применялась для минерагенических построений.

В **третьей главе** рассмотрена история изученности керамических глин по их, стратиграфическим уровням – от девонского (мамонская толща) до кайнозойского включительно.

Геология мамонской ПКТ отражена в ряде опубликованных и фондовых работ. Впервые она выделена как самостоятельное геологическое тело А.А. Дубянским [Дубянский, 1940] под названием “мамонские слои”. Термин “мамонская толща” ввел Д.Н. Утехин [Утехин, 1962], датируя её возраст от раннефранского до позднефаменского. Весомый вклад в ее изучение внесли Л.Г. Раскатова [Раскатова, 1966, Раскатова, 1973], А.Д. Савко, С.В. Мануковский, Л.Т. Шевырев [Савко и др., 2009]. В 2017 г. ОАО «Акмауниверсал» под руководством Н.А. Корабельникова и С.В. Мануковского было разведано месторождение Козынка, что дало новый фактический материал для изучения мамонской толщи.

Наиболее изученными являются аптские глины ВА, поскольку с ними связаны основные месторождения огнеупорных и керамических глин, часть которых давно эксплуатируется. Главную роль в изучении огнеупорных глин Латненского месторождения сыграли ученые ВГУ – профессор Н.П. Хожайнов [Хожайнов, 1955; 1957; 1979; 1982], В.Ф. Семенов [Семенов, 1963], А.Д. Савко [Савко, 1988; 1977; 1977; 1990; Савко, Михин, 2000; Савко и др., 2004], А.И. Мизин [Мизин, 1995], А.В. Жабин [Жабин, Сиротин, 2008; Жабин и др., 2010], В.В. Андреенков [Андреенков, 2000; Андреенков, Савко, 2003].

Первые сведения о составе керамических глин кайнозоя приведены в работе [Бартенев, 2001]. Глинам кайнозоя посвящены работы Г.В. Холмового [Холмовой 1985; 1993; Холмовой и др., 2014], А.Д. Савко [Савко, 1988; 2014; Савко и др., 2005].

Обоснование первого защищаемого положения приведено в главе 4.

Глава 4. Этапы каолинитонакопления в фанерозое воронежской антеклизы

В фанерозое на территории ВА неоднократно отмечаются континентальные перерывы, когда формировались каолиновые КВ, при размыве которых в различных фациальных условиях образовались каолинитсодержащие глины и их месторождения.

Процессы выветривания, приводящие к масштабной гипергенной дифференциации вещества, происходили в течении всей геологической истории Земли. В неогее (рифей и фанерозой) на территории ВА неоднократно доминировали процессы планации и корообразования [Савко, 1984]. В рифее они проявились в допозднерифейское и предвендское время [Савко, Додатко, 1991; Никулин, Савко, 2015]. В коррелятных КВ отложениях широко представлены «зрелые» породы, к которым относятся и каолиновые глины. Выделено 8 этапов каолинитонакопления, имеющих разную перспективность для нахождения месторождений каолиновых глин: 1 – доверхнерифейский, 2 – раннепалеозойский, 3 – позднеэйфельский-раннефранский, 4 – позднефранско-фаменский; 5 – раннекаменноугольный, 6 – раннемезозойский, 7 – раннемеловой (аптский), 8 – палеоген-неогеновый (Прил. 1).

Доверхнерифейский этап. Его КВ установлены на кристаллических породах фундамента на северо-западе и северо-востоке ВА. Эти КВ были размывы в последующее время, сохранились, вероятно, только их корни в линейных зонах. Косвенно о срезании элювия этого возраста свидетельствует преимущественно аркозовый состав верхнерифейских песчаников в граничащих с ВА отрицательных структурах, в связи с этим перспектива выявления полезных ископаемых отсутствует.

Раннепалеозойский этап. За 120–130 млн лет, когда преобладали условия выветривания, климат менялся от гумидного субтропического до аридного и семиаридного [Савко, 1979]. Для этой коры характерна повышенная мощность нижних зон и линейно-площадной характер. Это хорошо видно по облику КВ, различного на разных изученных участках. Так, белые каолины скважины, пробуренной на железнодорожной станции Ржакса Тамбовской области (линия Тамбов-Уваров), возникли в гумидных условиях, существовавших в регионе с кембрия по силур включительно. КВ под эйфельскими отложениями на западе Липецкой области иллитовые, образовались в условиях аридного климата и неперспективны на поиски каолиновых глин.

Позднеэйфельский-раннефранский этап. КВ этого этапа формировались дважды – в перерывах между эйфелем и живетом, живетом и франом [Савко, 1979]. Особенностью коры первого подэтапа, возникшей по кристаллическим породам, является её небольшая мощность (до 10 м) и формирование полного хорошо выраженного профиля, но – без подзоны свободного глинозёма.

КВ второго подэтапа на юго-востоке ВА каолинистая и развита на гранитоидах и сланцах. Линз существенно каолинистых глин в рассматриваемых образованиях не обнаружено. Всё это, а также большая глубина залегания, исключают возможности нахождения месторождений каолинистых глин в отложениях эйфеля, живета и раннего франа.

Позднефранско-фаменский этап. За счет размыва и переотложения вещества раннепалеозойской и девонских КВ на юге ВА образовалась континентальная мамонская ПКТ позднефранско-позднефаменского возраста. Её мощность от первых метров до 200 м. С ней связаны месторождение вторичных каолинов, кварцевые пески и песчано-каолиновые смеси.

Раннекаменноугольный этап. 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. 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 [Сиротин, 1988]. В отрицательных формах рельефа, в непосредственной близости от площадей развития латеритных КВ, формировались озерно-болотные глины с прослоями бурых углей. Среди них встречаются линзы сухарных глин типа флинт-клей, и они являются огнеупорными. В настоящее время каолинистые глины визейского возраста не имеют практического значения из-за большой глубины залегания. Но при развитии и усовершенствовании технологии гидроскважинной добычи минерального сырья они смогут представлять интерес.

Раннемезозойский этап. КВ рассматриваемого этапа развивались преимущественно на осадочных образованиях. Элювий на них изучен на северном склоне антеклизы, где представлен горизонтом бурых железняков (1–3 м), развитых на известняках. Это КВ линейно-площадная со скарновыми полостями, в которых её мощности увеличены (до 7–8 м). В южной части Воронежской антеклизы каолинизации и размыву подвергались осадочные породы палеозоя и КВ докембрия. Поэтому в основании отложений батского яруса развиты каолиновые глины, кварцевые пески и алевролиты, тяготеющие к врезанным в палеозойские породы ингрессионным эрозионным долинам. Мощности глин в прослоях составляют первые метры, они нередко алевролитистые и запесоченные, глубина их залегания свыше 50 м. Перспектива обнаружения месторождений отсутствует.

Раннемеловой (аптский) этап. Аптские отложения северо-восточного склона ВА представлены различными по генезису образованиями, по направлению с юга на север выделяется пять фациальных групп: 1 – возвышенной аллювиальной равнины, 2

– низовьев аллювиальной равнины, 3 – лагунно-морские, 4 – прибрежно-морские, 5 – мелководно-морские. С этими группами фаций могут быть связаны различные типы керамических глин. Источником сноса для них послужила мамонская ПКТ.

К отложениям возвышенной аллювиальной равнины приурочены существенно каолинитовые глины латненского типа (огнеупорные). Значительную роль в пределах возвышенной аллювиальной равнины играло «дозревание» вещества в условиях теплого гумидного климата при наличии значительного количества органического вещества. Поэтому песчаные породы имеют практически мономинеральный кварцевый состав, а в глинах резко повышены количества каолинита и в них может присутствовать гиббсит.

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 каолинит-сметтит, иллит-сметтит. Они менее качественные по сравнению с латненскими, поскольку их огнеупорность ниже.

К лагунно-морским отложениям приурочены тугоплавкие керамические глины. Они имеют иллит-каолинитовый состав, унаследованный от источников сноса.

Палеоген-неогеновый этап. В этот этап формирование каолинитовых глин связано с размывом ранее образованных мезозойских отложений. Палеогеновые глины формировались в морских водоемах, неогеновые – в пределах аллювиальных равнин. Рассматриваемые глины имеют полиминеральный состав. Палеогеновые разности монтмориллонит-иллит-каолинитовые примерно с близкими соотношениями этих минералов, тогда как неогеновые – монтмориллонит-каолинитовые с примесью иллита до 10–15%. Такой состав свидетельствует о воздействии на последние процессов «промывного диагенеза», хотя и в не таких масштабах, как на аптские глины. Об этом свидетельствует редкое появление огнеупорных разностей среди неогеновых глин.

Обоснование второго защищаемого положения приведено в главе 5.

Глава 5. Вторичные каолины мамонской толщи верхнего девона

Песчано-каолиновая мамонская толща (ПКТ) развита в южной части Центрального девонского поля (рис. 1), на юге Воронежской антеклизы (ВА). Последняя представляет собой крупную положительную структуру в центре Восточно-Европейской платформы, имеет крутые юго-западный и юго-восточный, и пологие северо-западный и северо-восточный склоны. ПКТ развита на общей

площади около 30 тыс. км². Толща с размывом залегает на КВ кристаллического фундамента и различных по составу осадочных породах эйфельско-среднефранского возраста, а перекрыта верхнефранскими и залегающими на них каменноугольными, меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными образованиями (Прил. 2)

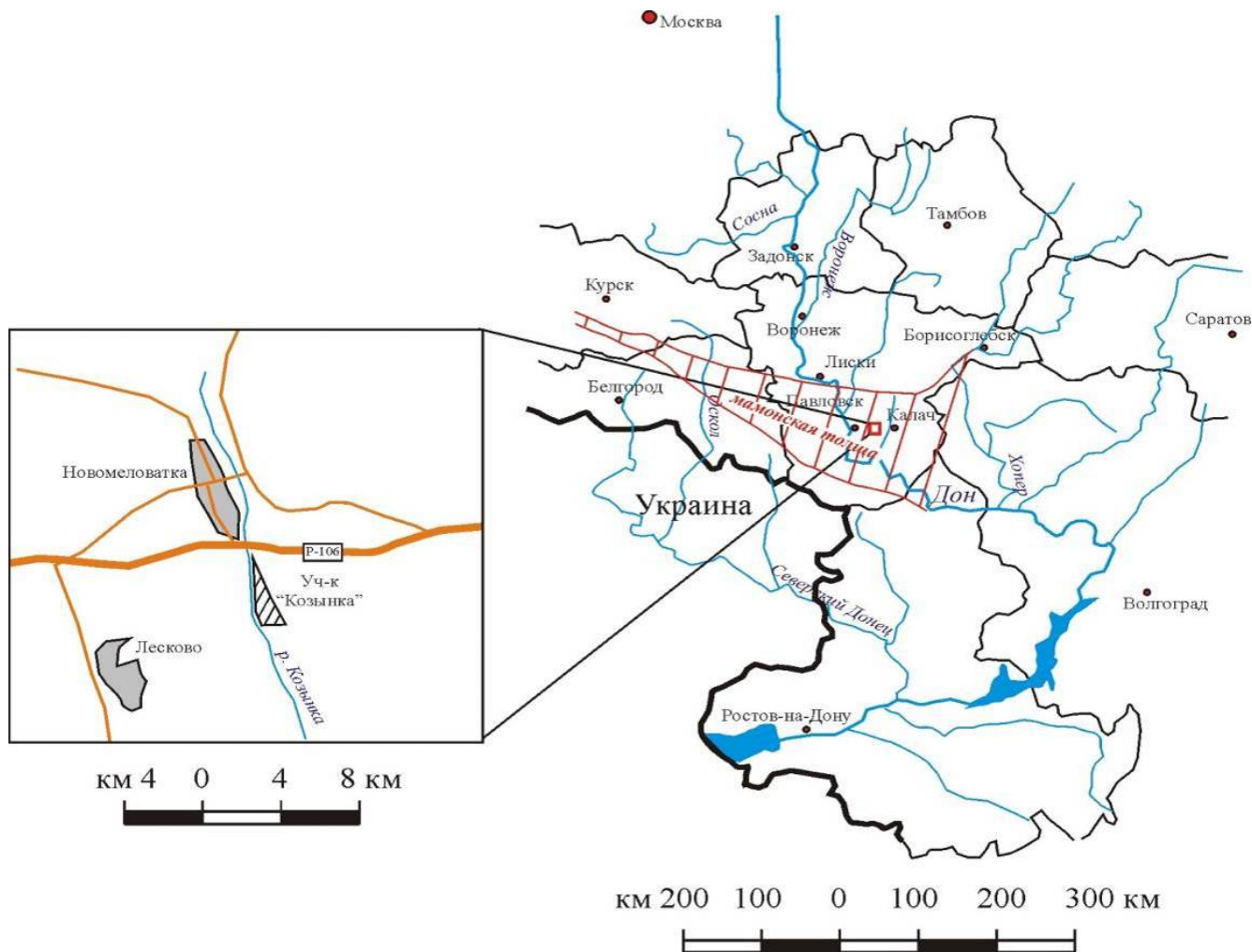


Рисунок 1 – Схема развития мамонской толщи и положения месторождения Козынка.

5.1. Стратиграфическое положение мамонской толщи

Не содержащая фаунистических остатков мамонская толща на протяжении всего периода изучения имела широкий и неоднозначный возрастной диапазон. Многолетние палинологические исследования девона позволили Л.Г. Раскатовой установить возрастные границы формирования мамонской толщи и расчленить ее, на восточном склоне антеклизы, до горизонтов. Нижняя граница толщи вначале была определена ею как воронежский горизонт [Раскатова, 1966], а затем «опущена» до петинского [Раскатова, 1973]. При этом нижняя пестроцветная пачка датируется петинско-евлановским временем, а верхняя – ливенско-кудеяровским. Большинство исследователей, изучавших в последнее время мамонскую толщу, разделяют эту точку зрения Л.Г. Раскатовой.

5.2. Палеогеоморфологическое положение мамонской толщи

Мамонская песчано-каолиновая толща представляет собой континентальные отложения позднефранско-фаменского времени, выполняющие эрозионно-тектоническую депрессию, и образовавшиеся за счет размыва элювия кристаллических пород фундамента, а также терригенных образований средне-позднедевонского возраста и коры выветривания по ним (рис. 2).

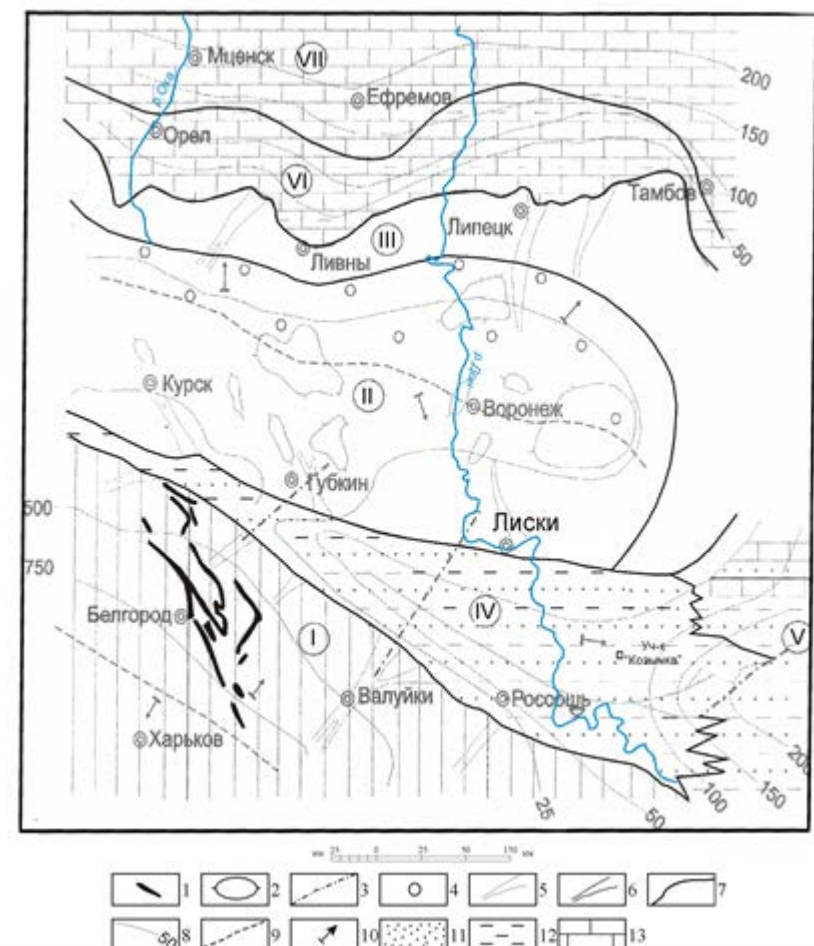


Рисунок 2 – Схематическая литолого-палеогеоморфологическая карта позднефранско-фаменского времени [по Савко и др., 2008 с дополнениями автора]. Морфогенез рельефа (римскими цифрами): I – пенеппен слабо расчлененный, равнины; II – эрозионно-денудационная, III – прибрежно-морская денудационно-аккумулятивная, 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: З – Западная, Ц – Центральная, В – Восточная; 9 – изопакиты позднефранских-фаменских отложений; 10 – линия водораздела; 11 – направление сноса. Породы: 12 – пески, алевроиты, 13 – глины, 14 – карбонаты.

5.3. Литология и фации мамонской толщи

Полученные в последние десять лет новые материалы, с учетом имевшихся ранее [Савко и др., 2008], а также с точки зрения минерагенического районирования территории распространения ПКТ, позволяют выделить 3 зоны её развития: Западную (Новооскольско-Россошанскую), Центральную (Мамонско-Богучарскую) и Восточную (Мигулинско-Новохоперскую) (см. рис. 2). Мамонские отложения в них отличаются по составу и соотношению слагающих их пород, площадям

распространения, мощностям, глубинам залегания, фациальным особенностям, перспективам открытия месторождений каолинов. Граница склона антеклизы между первой и второй зонами совпадает с Лосевско-Мамонской зоной разломов, по которой течет река Дон, а между второй и третьей – с Мигулинско-Новохоперской зоной разломов, откуда начинается резкое погружение восточного склона ВА.

В *Западной зоне* (см. рис. 2) мамонские отложения мощностью 40–60 м перекрывают КВ кристаллических пород и представлены преимущественно обломочными разностями. Они залегают на неровной поверхности ложа толщи с многочисленными врезами речных долин глубиной до 20–30 м и протяженностью от нескольких до 30 км. Долины имеют V-образный облик, в них мощности ПКТ повышены. На основной территории (более 90% площади) этой зоны в мамонское время накапливались псаммитовые и псефитовые образования. Глинистые прослои не имели сколько-нибудь заметного развития в разрезе толщи, и их доля от общей мощности составляет первые проценты. Вместе с тем на западе зоны в разрезах ПКТ отмечаются пачки глин мощностью 6–8 м. По генезису выделяются делювиально-пролювиальные, аллювиальные и озерно-болотные отложения.

Глины каолиновые, слагают аллювиальные пойменные и старичные отложения. Среди них преобладают разновидности от светло-серого до серого цветов. Они алевроитистые, песчаные, с тонкими (1–2 мм) прослойками песков мелкозернистых кварцевых. В породе встречаются углефицированные автохтонные растительные остатки, иногда пиритизированные. Глины нередко жирные на ощупь, с раковистым изломом, реже – с тонкоплитчатой (2–4 мм) отдельностью, с присыпками светло-серого песка по плоскостям напластования. В плане глинистые отложения распространены на относительно больших участках, близких к изометричной форме.

Центральная зона (см. рис. 2) расположена в пределах поднятого блока, осложненного на его северо-западе Павловским поднятием. В ней особенностями ПКТ являются: 1 – возрастание мощности до 80–100 м; 2 – увеличение количества и мощности каолиновых слоёв; 3 – широкое развитие каолинистых песков; 4 – относительно неглубокое залегание отложений, вскрытых в долинах рек. На большей части Центральной зоны отложения ПКТ подстилаются чаплыгинскими глинами, на севере карбонатными породами саргаевского, а на северо-востоке и семилукского, горизонтов. В отдельных участках толща залегают на базальтах среднефранского возраста, а в районе п. Н. Мамона – на вулканогенно-осадочных образованиях ястребовской свиты (D_{3js}). Перекрывается ПКТ разновозрастными отложениями – от верхнефаменских до голоценовых. На присводовых участках антеклизы она находится под мезозойскими, а на склонах – под палеозойскими образованиями. Следует отметить, что на различных участках соотношение между глинами и песками непостоянно, от приблизительно равного количества (1:1) до преобладания песков

над глинами в отношении 5:1. Мощность отдельных прослоев сильно колеблется. Так, глины имеют мощность от первых дециметров до 23,8 м, при обычной величине в 2–3 м, прослой песков, при средней мощности 5–6 м, достигают 17,6 м. В основании мамонской толщи на отдельных участках описываемой зоны залегают пестроцветные существенно каолиновые отложения. Пятнисто-окрашенные каолиновые глины интенсивно пропитаны гидроокислами железа. Породы сильно алевритистые, песчанистые. Пестроцветные глины (часто аргиллитоподобные) неравномерно переслаиваются с обычными, серого цвета, песками. Мощность “пестроцветной” пачки может превышать 15 м. В речных долинах обычно вскрывается верхние части разрезов ПКТ, в которых практически всегда имеются слои каолинов и каолинистые пески. Вместе с тем отмечается крайняя невыдержанность по разрезу и простиранию как глинистых, так и песчаных пород, их взаимное замещение на небольших расстояниях. Это создает определенные трудности при разведочных работах, вызванные повышенным объемом бурения при сгущении разведочной сети.

Характерными особенностями *Восточной зоны* являются: 1 – резкое расширение площади её развития (см. рис. 2); 2 – увеличение глубины залегания и мощностей ПКТ; 3 – появление в ней отложений переходных и морских фаций; 4 – уменьшение количества пластов каолина, вплоть до полного их исчезновения на севере зоны. Далее от неё терригенный разрез сменяется карбонатным, а каолиновые глины вообще исчезают из разреза.

По данным литолого-фациальных исследований показано, что наиболее благоприятной для прогноза месторождений каолинов является Центральная зона. В её пределах интенсивный эпейрогенез Павловского поднятия в девонское и постдевонское время привел к тому, что залегающая на его юго-восточном и восточном склонах мамонская толща оказалась высоко приподнятой и перекрывающие ее верхнедевонские образования в меловой период были размывы. Неотектонические поднятия процесс размыва усилили еще больше. Меловые отложения были прорезаны руслами рек, и кровля песчано-каолиновой толщи в долинах Дона и его притоков оказалась перекрыта только четвертичными аллювиальными образованиями. Именно с центральной зоной связано месторождение Козынка.

5.4. Вещественный состав каолинов

По данным растровой электронной микроскопии для каолинита из пестроцветных глин нижней части мамонской толщи (рис. 3 А) размер частиц каолинита колеблется от 0,2–0,3 мкм до 2,0х3,5 мкм, обычно менее 1 мкм. Гексагональные грани, характерные для неизмененного (первичного) каолинита КВ, встречаются редко. Пластинчатые частички минерала повсеместно имеют

сглаженные («обломанные») в процессе переноса формы. Грани пластинок имеют неровные контуры, часто с волнистыми корродированными краями.

В темно-серых гумусированных глинах преобладают частицы размером 0,3–0,45 мкм (рис. 3 Б). Наряду с «окатанными» и бесформенными пластинками минерала отмечается значительное количество кристаллов с характерным габитусом в виде целых шестиугольных табличек. Это может быть объяснено новообразованием каолинита в озерно-болотных условиях, как это показано в работе [Бортников и др., 2013]. В наиболее распространенных светло-серых каолинах размер частиц каолинита обычно меньше 1 мкм при их толщине в его сотые доли (см. рис. 3 В). Такие размеры определяют низкую и среднюю степень дисперсности породы. Кристаллы с гексагональным габитусом практически отсутствуют, изредка в пластинках отмечается одна-две грани минерала. Всё это свидетельствует о преобладающих процессах дробления и измельчения кристаллов каолинита при переносе их из КВ к бассейнам седиментации.

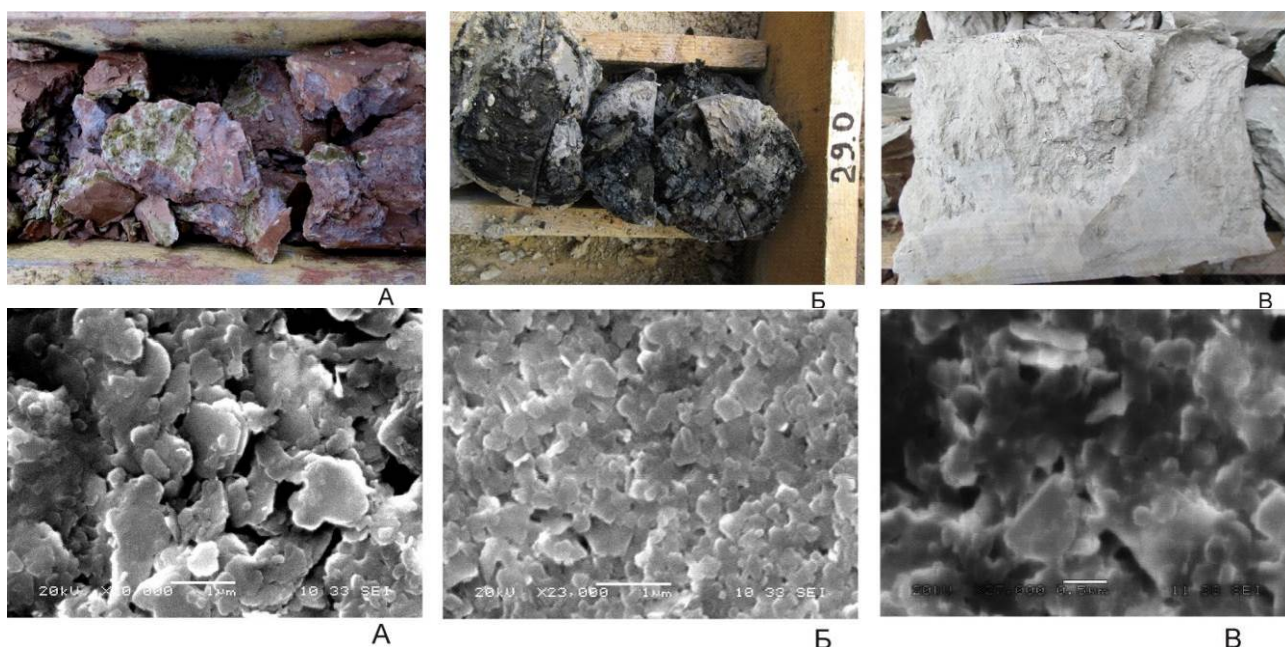


Рисунок 3 – Макро- и электронномикроскопические снимки каолинитовых глин: А – из пестро-цветных глин в нижней части разреза (проба 2ю/6, инт. 24,6–25,1 м); Б – из темно-серых гумусированных глин (проба 2ю/4), В – серых глин в кровле (проба 2ю/1, инт. 14,3–15,3 м).

По результатам рентгенофазового анализа глинистой фракции <0,005 мм (дифрактометр Empyrean B.V. PANalytica), содержание каолинита в ней составляет 98,5–99,5% (рис. 4). Лишь в пробе 2ю/7, относящейся к разновидности пестро-цветных глин, 1,5% приходится на иллит, в остальных пробах содержание доли иллита среди глинистых минералов еще меньше – около 0,5%. Во всех случаях на дифрактограммах отмечается присутствие тонкодисперсного кварца. В окрашенных глинах фиксируются рефлексы лепидокрокита, гетита, гематита, являющихся

вредными примесями. Вблизи южных границ распространения мамонской толщи, где она залегает на КВ кристаллического фундамента, каолинит обладает довольно совершенной структурой: на большинстве дифрактограмм разрешен дублет, которому соответствуют межплоскостные расстояния 4,18 и 4,13 Å [Савко и др., 2008]. Но уже в районе месторождения Козынка, на удалении 60 км от источника сноса, дублет разрешен только на очень малой части дифрактограмм. В подавляющем же большинстве случаев рефлексов серии hk не наблюдается, а каолинит диагностируется обычно по отражениям 001 и 002 с интенсивностью 100 и 70%, что свидетельствует о невысокой степени совершенства кристаллической структуры минерала и подтверждается невысоким значением индекса Хинкли (0,25–0,4). Этот вывод имеет важное значение, поскольку каолинит с неупорядоченной структурой имеет пониженные температуры плавления и повышенный интервал спекаемости, что благоприятно сказывается на качестве и стоимости керамики.

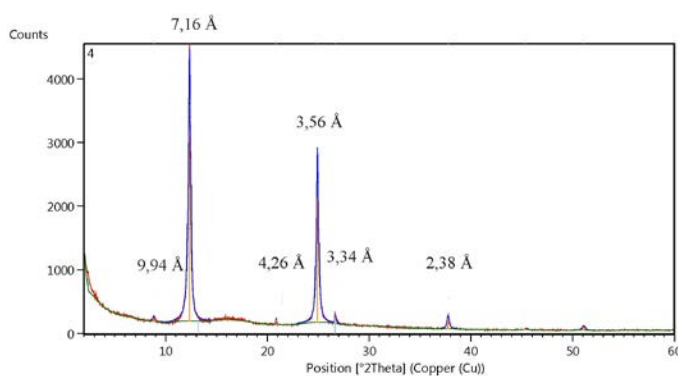


Рисунок 4 – Дифрактограмма и рефлексы минералов из разновидности пестро-цветных каолинитовых глин в нижней части (инт. 25,1–26,9 м) мамонской толщи; (проба 2ю/7).

5.5. Характеристика месторождения вторичных каолинов Козынка

Площадь месторождения имеет сложную форму вытянутого многоугольника: длиной (с севера-северо-запада на юг-юго-восток) 3,0–3,3 км и шириной (с запада-юго-запада на восток-северо-восток) 0,7–1,0 км.

ПКТ месторождения Козынка представлена переслаиванием кварцевых разнозернистых каолинистых песков и каолинитовых, в различной степени алевритистых, запесоченных ожелезненных глин. Подчиненное значение в разрезе занимают каолинистые алевриты и песчаники с кварцево-глинистым цементом. Пески обычно плохо сортированы, от тонких до грубых, с включениями гравия и гальки кварца. Они относятся к аллювиальным русловым или к нерасчлененным делювиально-пролювиальным и аллювиальным фациям.

Характер внутреннего строения тел полезных ископаемых, распределение в них основных и попутных компонентов, а также вредных примесей, оценены на участке Козынка с учетом неоднородного песчано-глинистого сложения полезной толщи. Выделено 7 продуктивных горизонтов, слагающих разрез мамонской толщи, I – кварцевые пески, III, V и VII – кварцевые каолинитсодержащие пески; II, IV, VI – горизонты каолинов (рис. 5).

Глины приурочены к пролювиальным, озерно-болотным или аллювиальным пойменно-старичным фациям. В нижней части разреза они пролювиальные пестроцветные, залегающие выше разности озерно-болотные серые, темно-серые, сильно гумусированные, алевритистые, жирные на ощупь, с раковистым изломом, с автохтонными растительными остатками, часто углефицированными и пиритизированными. В них отмечаются неясная волнистая текстура и пятнистая окраска за счет неравномерного распределения гумуса. Пойменно-старичные глины светло-серые до серых, алевритистые, в различной степени запесоченные, жирные на ощупь, с раковистым изломом, редкими аллохтонными УРО и присыпками светло-серого песка по плоскостям напластования. Содержат прослои мелкозернистых песков мощностью от 0,2–0,5 до 20–30 см.

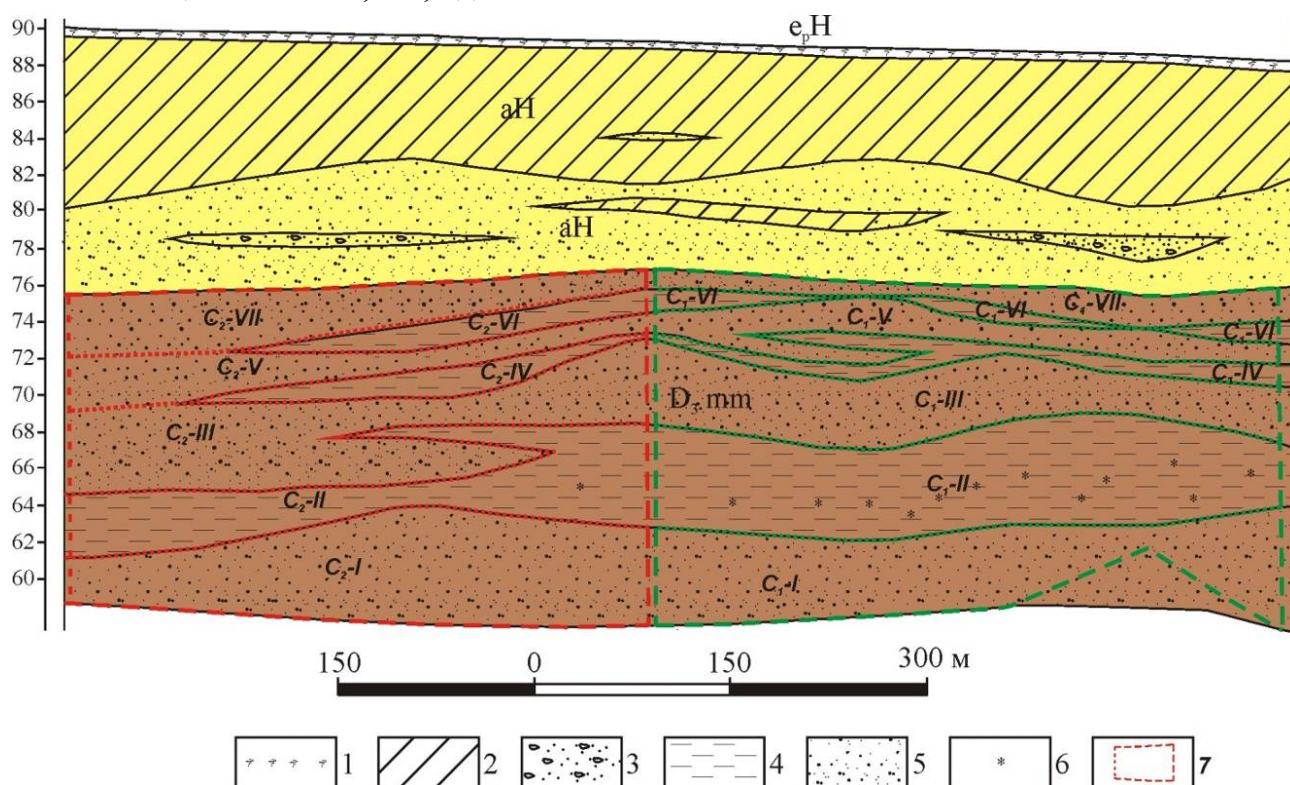


Рисунок 5 – Разрез месторождения Козынка. Индексы: e_pH – почвенно-растительный слой; aH – пойменный аллювий, D_{3mm} – мамонская толща; 1 – почвенно-растительный слой, 2 – суглинок, 3 – песок разнозернистый с гравием, 4 – глина, 5 – песок, 6 – ожелезнение, 7 – контуры подсчетов запасов: красный – категория C_2 , зеленый – C_1 .

Слои каолинов отличаются неоднородным качеством минерального сырья. Два верхних горизонта (IV, VI) близки по внутреннему строению и качеству полезного ископаемого. Это каолины светло-серые до серых, с раковистым изломом, от слабо алевритистых до алевритовых, в различной степени запесоченные, иногда с прослоями песка и редкими растительными остатками. Средневзвешенное значение выхода обогащенного каолина (фракция < 63 мкм) по блокам (C_1 –IV, C_2 –IV, C_1 –VI, C_2 –VI) достаточно выдержано – 80,41–81,37%. Средневзвешенное содержание по

этим блокам оксидов, определяющих керамические свойства каолина, тоже слабо изменяется: Al_2O_3 – 31,81–32,44%; Fe_2O_3 – 1,57–2,15%; TiO_2 – 1,42–1,45%.

По классификации сырья для керамической промышленности глины относятся к группам основных, огнеупорных со средним содержанием красящих оксидов; низко- и среднедисперсных, умереннопластичных, высокотемпературного спекания, сильно спекающихся. По техническим условиям они соответствуют различным маркам огнеупорных глин Латненского месторождения. Вмещающие кварцевые пески являются ценным стекольным, формовочным и строительным (песчано-гравийные смеси) попутно добываемым сырьём. Технологическими испытаниями определена пригодность каолинов как 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.

Обоснование **третьего защищаемого положения** приведено в **главе 6**.

Глава 6. Керамические глины аптских отложений

6.1. Геология и фации аптских отложений

Аптские отложения распространены на большей части Воронежской антеклизы и представлены глинисто-алевритово-песчаными породами различного генезиса.

На фациальной карте аптского века рассматриваемой территории по направлению с юга на север выделяется пять фациальных групп (Прил. 3): 1 – возвышенной аллювиальной равнины, 2 – низовьев аллювиальной равнины, 3 – лагунно-морские, 4 – прибрежно-морские 5 – мелководно-морские. С различными фациями связаны разные типы полезных ископаемых – огнеупорных и тугоплавких керамических глин, стекольных, формовочных, строительных песков и песчаников, титан-циркониевых россыпей.

Литология и фации возвышенной аллювиальной равнины

Континентальные отложения в её пределах распространены в пределах междуречья Дон-Ведуга-Девица и представлены глинисто-песчаными породами, образовавшимися в пределах аллювиальной равнины, где устанавливаются русловые, пойменные и озерно-болотные фации. Наиболее полные разрезы имеются на Латненском месторождении (ЛМ) огнеупорных глин, представленного несколькими участками. В нижних частях разрезов залегают русловые пески, в средних – озерно-болотные глины, в верхних – пойменные мелко- и тонкозернистые пески и алевриты. Мощность продуктивной толщи до 30 м.

При этом гравийно-песчаные отложения прибрежных фаций сменяются средне- и мелкозернистыми песками прирусловых отмелей и валов, на которых

залегают пойменные и старичные отложения мелко-тонкозернистых песков, алевритов и глин с горизонтальной и близкой к ней слоистостью.

Глины формировались в пойменных и старичных обстановках и залегают в виде округло-вытянутых линз шириной от сотен метров до первых км, длиной в первые км и находятся в «висячем» положении в аллювиальной толще на разных уровнях. Они обычно имеют серый цвет, но окраска может меняться от светло-серой до черной в зависимости от содержания органики.

Среди глин отмечаются слоистые, неяснослоистые и неслоистые разности. Слоистость обусловлена чередованием песчаного и алевритового материала с глинистым, появлением примесей из кварцевых зерен, слоев, обогащенных органикой, наличием по плоскостям наслоения углефицированных растительных остатков (УРО).

Глины часто содержат конкреции пирита и марказита, количество которых больше в углефицированных разностях. В минеральном составе глин преобладает каолинит, имеются монтмориллонит, иллит, смешанослойные минералы типа иллит + монтмориллонит, кварц, сульфиды, гиббсит, гидроокислы Fe, углефицированные растительные и древесные остатки [Савко и др., 2004; Савко и др., 2011].

Распространены глины не повсеместно, по простиранию и разрезу могут переходить в алевриты и пески, и располагаются преимущественно в средних частях разрезов. Обычно глинистые породы переслаиваются с песками, алевритами, лигнитами. Состав глин неоднороден и определяется соотношениями глинистого, песчаного и углистого вещества. Ранее выделены следующие разновидности глин [Савко и др., 2004]: 1 – серые, преимущественно пластичные, реже песчанистые, иногда ожелезненные; 2 – темно-серые, пластичные; 3 – светло-серые, преимущественно песчанистые, реже пластичные; 4 – черные жирные, пластичные, часто запесоченные и ожелезненные; 5 – пестро-окрашенные от светло-желтых до коричневых, сильно ожелезненные, песчанистые; 6 – запесоченные непластичные; 7 – углистые.

Литология и фации низовьев аллювиальной равнины

Полоса развития протягивается по северным частям территорий Воронежской и Курской областей. Восточнее г. Воронеж (см. прил. 3), где расположено разведанное Криушанское месторождение огнеупорных глин [Савко, 1988], обычно развиты тонкозернистые пески и алевриты с углефицированными растительными остатками, залегающие на крупнозернистых гравелистых песках, мощность которых сильно варьирует, из-за чего соотношение крупнозернистых и тонкозернистых песков в разрезе меняется. Отмечаются площади, где русловые пески полностью слагают разрез. Они могут быть расположены рядом с полями развития озерно-болотных фаций.

В сложно построенном разрезе Криушанского месторождения выделяется старичные впадины, разделяющие их межрусловые поднятия и глубокие русловые врезы. На породах первых двух структур залегает довольно выдержанный пласт глин, местами с примесью алевритового и песчаного материала, свидетельствующий о выравнивании аллювиальной равнины и образовании обширных болот. Здесь выделяется два уровня развития глин – нижний (абсолютная отметка подошвы +80) и верхний (а.о. +70). Более глубоко залегают глины старичного типа, обычно углистые, имеющие форму мелких линз и ярко выраженную связь с русловым аллювием. Верхние глины более светлые, образуют протяженные неправильно-округлые тела и осложнены врезанными в них ложбинами (промоинами), выполненными алеврито-песчаным материалом.

В западной части участка рассматриваемые отложения представлены преимущественно русловыми и пойменными фациями (см. прил. 3). Последние обычно сложены «пастиловидными» алевритами, в которых чередуются тонкие светлые и темные слойки. Последние содержат УРО. Линзы глин мощностью до 2–3 м отмечаются в верхних частях разрезов. Глины обычно темно-серого до черного цветов и обогащены аллохтонной органикой.

Литология и фации лагунно-морской зоны

К северу от поля развития континентальных отложений расположена обширная лагунно-морская зона (IV), с преимущественно песчаными отложениями, среди которых отмечаются линзы глин иллит-каолинитового состава. К рассматриваемой зоне приурочено большинство месторождений и проявлений тугоплавких разновидностей керамических глин (см. прил. 3).

Наибольшую площадь в этой зоне занимают мелкозернистые, тонко-мелкозернистые пески, реже алевриты. Пески слабо слюдистые, в различной степени глинистые, содержат незначительную примесь глауконита, сидерит, УРО, количество которых уменьшается с юга на север. Эти пески формировались при умеренном гидродинамическом режиме (IVБ). В застойных участках (IVA) образовались песчаные, алевритистые слабо слюдистые глины или алевриты, содержащие УРО. Возможно, это образования опресненных лагун, формирующихся перед фронтом трансгрессирующего моря. В отдельных скважинах разрезы представлены тонким переслаиванием алевритов и глин, что связано переменной гидродинамической активностью моря.

В полосе г.г. Малоархангельск-Ливны-Елец, севернее поля мелкозернистых песков, развиты разномзернистые кварцевые пески с редкими зернами глауконита и углефицированными остатками. Пески крупно- и грубозернистые с подчиненным количеством мелкозернистой и глинистой фракций. Формирование пород происходило в условиях повышенной гидродинамической активности (зона IVБ).

Мощности песков колеблются от 13 до 17 м, в случае размыва они значительно меньше. В этой зоне происходило формирование тугоплавких разновидностей каолинистых глин в условиях спокойного гидродинамического режима. Здесь отложения апта делятся на 3 толщи – нижнюю, среднюю и верхнюю. В нижней развиты серые, светло-желтовато-серые, пепельно-серые, кварцевые, глинистые слюдистые пески. В средней преобладают глины светло-серые, темно-серые, неравномерно пятнистые за счет буровато-желтых, бурых, вишнево-красных, фиолетовых пятен "ожелезнения", придающих "мраморовидный" облик глинам. Они пропитаны гидроокислами железа, плотные, жирные, умеренно-пластичные, участками песчаные, алевритистые. Верхняя толща сложена серыми, светло-серыми, слабослюдистыми, глинистыми песками с линзами серых глин, в кровле – с прослоями и линзами кварцитовидных песчаников.

Выделены следующие литологические разновидности каолинистых глин: 1 – светло-серые, серые, пятнами окрашенные в розовый, красный и вишневые цвета за счет ожелезнения, плотные, среднепластичные, тонкодисперсные; 2 – светло-серые, серые, с значительным содержанием гидроокислов железа в виде прожилков, охристых стяжений и пятен красного, вишневого и розового цветов, пластичные, плотные, участками рыхлые, среднедисперсные с малой примесью песка; 3 – пестрые от серой до красновато-бурой и вишневой, неоднородные по пластичности, умеренно- и малопластичные, запесоченные и грубодисперсные; 4 – равномерно окрашенные в желтые, коричневые, бурые цвета, рыхлые, умереннопластичные, грубодисперсные, с примесью песка. Первые два типа характерны для нижней пачки глиноносной толщи, два других слагают верхнюю пачку, хотя отмечается незначительное количество тех или иных типов, как в верхней, так и в нижней пачках.

Литология и фации прибрежно-морской зоны

Севернее широты Липецка в прибрежно-морской зоне формировались прибрежно-морские пески с изменчивым гранулярным составом, как по разрезу, так и площади. Для них характерна разнонаправленная мультислойная и пачечная косая слоистость. Пески отличаются хорошей сортировкой зерен, в них повышены содержания тяжелых минералов. В песках преобладают косые серии с направлением вытянутых косых слоев в разные стороны, а также с мелкой мультислойной и «пучковидной» слоистостью, часто усложняющей слоевые поверхности в песках с первыми двумя типами слоистости. С этой фациальной зоной связаны россыпные месторождения и проявления, такие как Волчинская россыпь.

Литология и фации мелководно-морской зоны

Она протягивается от Брянской области, охватывает широкой дугой северо-восточные районы Орловской, занимает самые северные районы Липецкой и всю Тамбовскую области (см. прил. 3). Зона представлена кварцевыми мелкозернистыми

песками с редкими крупными и гравийными зернами кварца. Глины в этой зоне имеют ограниченное распространение, что ограничивает возможности поисков их керамических разновидностей.

6.2. Минеральный состав глин

Источниками сноса для аптских отложений служили палеозойские и в меньшей степени – юрские и неокомские породы. Одним из поставщиков терригенного материала были пролювиально-делювиальные кварц-каолиновые породы мамонской толщи среднефранско-фаменского возраста (D_3), детально охарактеризованные в главе 4. Протоисточником каолинита послужила девонская КВ гранитоидов, сланцев и гнейсов, занимавшая более 80% ее поверхности [Савко, 1988].

Минеральный состав глин возвышенной аллювиальной равнины

По данным дифрактометрии фракции размерностью менее 0,005 мм в составе изученных глин ЛМ преобладает каолинит, присутствует примесь монтмориллонита, гиббсита, иллита, смешанослойного минерала [Савко и др., 2011].

В глинах содержится кварц и углистое вещество, соотношение которых варьирует в широких пределах, особенно при переходах глин в глинистые пески и лигниты. В незначительных количествах имеются сульфиды, оксиды железа и титана. Гиббсит определяется только дифрактометрическим, а каолинит, монтмориллонит и иллит как микроскопическим, так и микронзондовым методами. Состав глинистых минералов по площади месторождения меняется.

Наиболее чистые каолиновые глины (содержание иллита и монтмориллонита составляет первые проценты, незначительная примесь гиббсита) отмечены в карьере Стрелицкий. Глины из карьеров Ендов Лог и Средний характеризуются заметным содержанием монтмориллонита (до 30%), в отдельных случаях присутствуют неупорядоченно смешанослойные образования [Савко и др., 2011]. К западу и северу от ЛМ глины аптского яруса имеют иллит-каолиновый состав.

По данным РЭМ (рис. 6) установлено, что минеральное вещество латненских глин состоит из двух фаз – кристаллической, и биоморфной, отмечаются тонкодисперсные образования. Эти фазы (в тех или иных соотношениях) формируются последовательно и (или) одновременно и могут переходить одна в другую. Кристаллическая фаза глин представлена терригенными минералами – обломками вермикулярного 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 [Розанов, 2003; Савко и др., 2011]. 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.

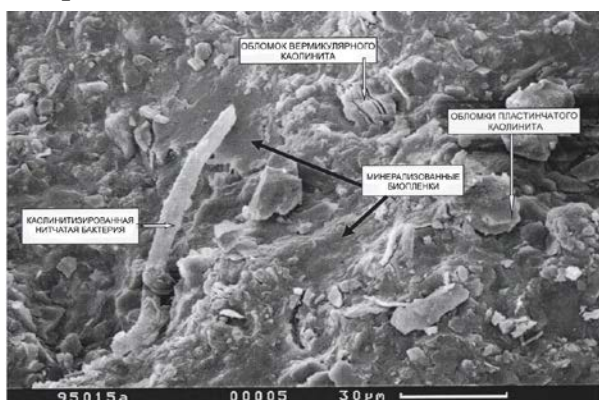
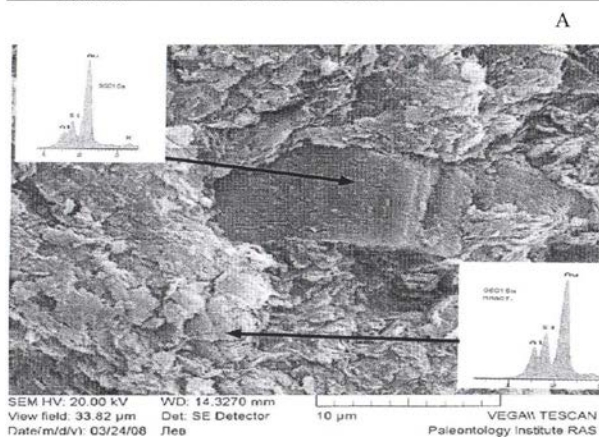


Рисунок 6 – Общий вид глины Латненского месторождения (А), аутигенный вермикулярный каолинит в массе обломочного пластинчатого каолинита (Б) [Савко и др., 2011].



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 [Савко, Михин, 2000]. По направленности этот процесс сходен с процессами выветривания, при которых происходит вынос щелочей, щелочноземельных

элементов, кремния силикатов. При «проточном» диагенезе также мигрирует железо, приобретающее подвижность в при переводе из трех в двухвалентную форму.

Минеральный состав глин низовьев аллювиальной равнины

Изучен дифрактометрическими методами в образцах глин, вскрытых буровыми скважинами на Кришанском месторождении. Особенностью минерального состава пелитов является наличие помимо основных каолинита и иллита, унаследованных из источников сноса, смешанослойных минералов иллит + монтмориллонит, монтмориллонит + каолинит. Эти минералы образуются путем трансформационных преобразований кристаллических структур иллита и монтмориллонита. Аллотигенный каолинит, устойчивый при рН ниже 7, не преобразуется.

Монтмориллонитовые пакеты в кристаллической структуре иллита на начальных этапах «промывного диагенеза» [Бушинский, 1977] формируются в кислой среде при выщелачивании катионов калия. На дифрактограммах такие структуры характеризуются выполаживанием рефлекса 001 в сторону малых углов, появлением дополнительных отражений в области 11,1–11,3 Å и характерного рефлекса монтмориллонита 18 Å в насыщенном глицерином образца.

Дальнейший этап разложения иллита – появление смешанослойного минерала монтмориллонит-каолинит, заметно распространенного в осадочных породах [Котельников, Конюхов, 1986; Крайнов, 2016]. По данным этих работ основной критерий каолинит – монтмориллонитовых образований на кривой воздушно-сухого образца – рефлекс больший или равный 7,2 Å, увеличивающийся после насыщения образца глицерином. При этом резко возрастает интенсивность совмещенных рефлексов 002 каолинита и 005 монтмориллонита. Конечным результатом разложения смешанослойных минералов и синеза является новообразованный каолинит. Нередко отмечаются гиббсит и тонкокристаллический кварц, образовавшиеся при «промывном диагенезе». Широкое развитие трансформационных минералов в криушанских глинах вызвано меньшей интенсивностью этого процесса в них по сравнению с проявленными на ЛМ.

Минеральный состав глин лагунно-морской зоны

Он изучен по образцам из разрезов Лукошкинского, Чибисовского, Малоархангельского, Большекарповского месторождений, а также ряда проявлений керамических глин, открытых автором. Кроме того, учтены данные других исследователей, в том числе из совместных работ

В иммерсионных препаратах агрегаты глинистых частиц имеют изометрично-чешуйчатую, пластинчато-листовидную, щепковидную формы. На электронномикроскопических снимках (рис. 7) виден каолинит с примесью иллита.

Каолинит наблюдается в округлых формах со слабо выраженными псевдогексагональными очертаниями, а иногда с изменениями псевдогексагональных чешуек, что выражается в расплывчатости их контуров, появлении зазубрин. Для этого минерала характерны два типа изменений: 1 – обломанность и появление зазубрин с четкими контурами, 2 – расплывчатость границ пластинок, "сглаживание" углов, приобретение зазубрин с нечеткими контурами [Крайнов, 2012]. Первый тип изменений обусловлен транспортировкой минерала от источника сноса в бассейн, а второй – воздействием изменившейся среды бассейна, поскольку каолинит устойчив в кислых средах, а в морских щелочных условиях становится неустойчивым [Котельников, Конюхов, 1986].

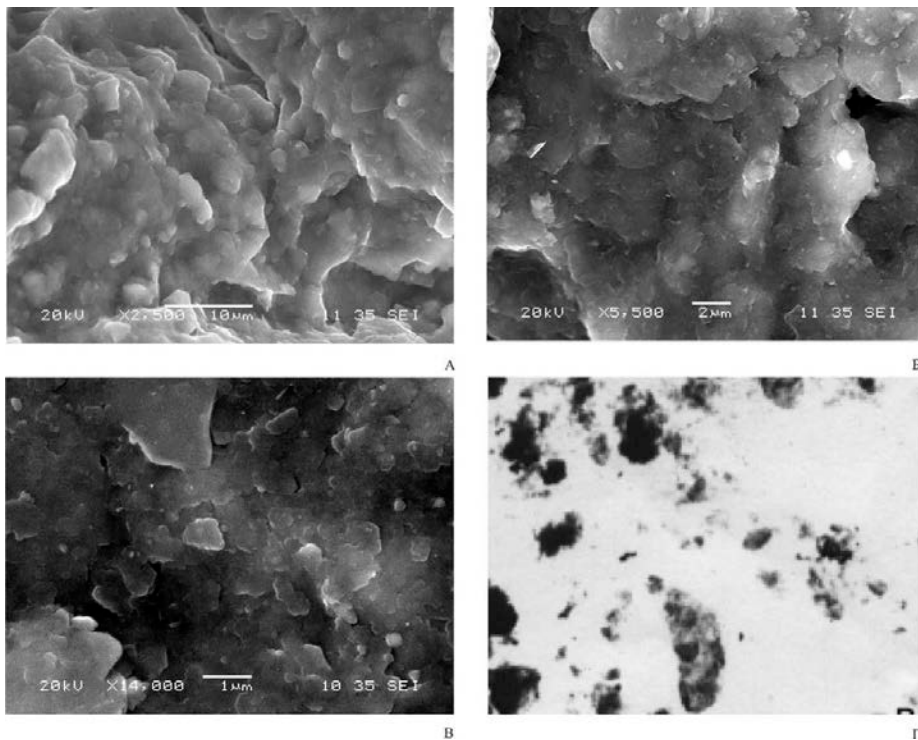


Рисунок 7 –
Электронно-
микроскопические
снимки кристаллов
каолинита Лукош-
кинского
месторождения
(увеличение: А-2500х,
Б-5500х, В-14000х Г –
10000х). Рисунок Г –
полупрозрачные
чешуйки иллита (по
материалам
[Андреенков, Савко,
2003]).

На дифрактограммах фракции менее 0,005 мм тугоплавких глин (рис. 8) четко выражены рефлексы каолинита 7,18; 3,56 Å и диоктаэдрической полиморфной разновидности иллита. Последняя определяется по широким ассиметричным отражениям d , равным 10,1 Å, изменяющим свое значение при насыщении образца глицерином до 9,8–9,96 Å, и 5,0 Å, уменьшающимся до 4,96 Å в насыщенном состоянии. Уменьшение значения d в иллите при насыщении глицерином может свидетельствовать о наличии в ее структуре незначительного количества пакетов смешаннослойного минерала иллит+ монтмориллонит. Следы последнего устанавливаются на дифрактограммах по незначительным рефлексам (18 Å) в насыщенных глицерином образцах [Андреенков, Савко, 2003].

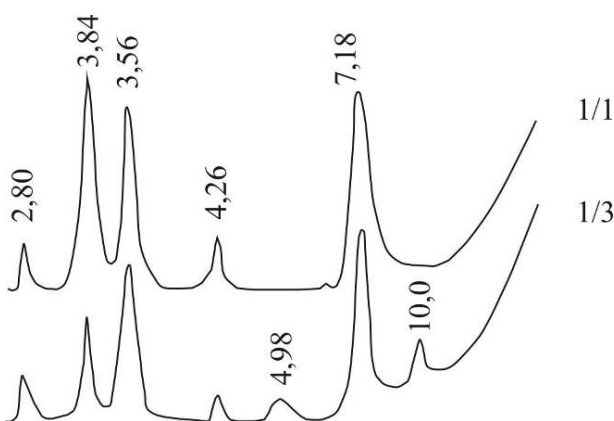


Рисунок 8 – Дифрактограммы аптских
1/1 глин Лукошкинского месторождения.

1/3 Интенсивность рефлексов каолинита по разным образцам глин различна, что указывает на изменяющееся его количество. Плохая окристаллизованность каолинита и структурная неупорядоченность по оси «b» отличает его от каолинита огнеупорных глин Латненского месторождения [Савко, Михин, 2000; Савко и др., 2001; Савко и др., 2011] и, вероятно, является следствием осаждения глинистых частиц в щелочной морской среде. В этих условиях и происходит разупорядочивание структуры

каолинита, на что указывает расплывчатость контуров его пластинок. В отличие от каолинита, окристаллизованность иллита проявлена лучше, о чем свидетельствует большое количество хорошо выраженных рефлексов.

В целом в глинах на долю глинистой фракции приходится 56%. Содержание каолинита в этой сумме колеблется от 30 до 72%, в среднем 54–60%, иллита – от 20 до 50%, в среднем 32–36%, монтмориллонита – от 0 до 20%, в среднем 6–10%. 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, содержание которого колеблется от 25,4 до 100%, (среднее 68,6%). Отмечается примесь полевых шпатов от 4,0 до 10,8% (8,4%), лимонита от 0,4 до 19,6% (2,7%), халцедона от единичных знаков до 1,4% (1,0%), реже слюд – до 3,6%, карбонатов – до 1,0%. В единичных знаках отмечается циркон, рутил, ильменит, гранат, дистен, лейкоксен, ставролит, марганцевые минералы.

На электронномикроскопических снимках глин Чибисовского и Большекарповского месторождений морфология частиц каолинита и иллита схожа с вышеописанной для Лукошкинского и резко отличается от таковой для огнеупорных разностей.

Дифрактометрический анализ проб показал, что минеральный состав глин иллит-каолиновый (каолинит – 75–80%, иллит – 25–20%) (рис. 9).

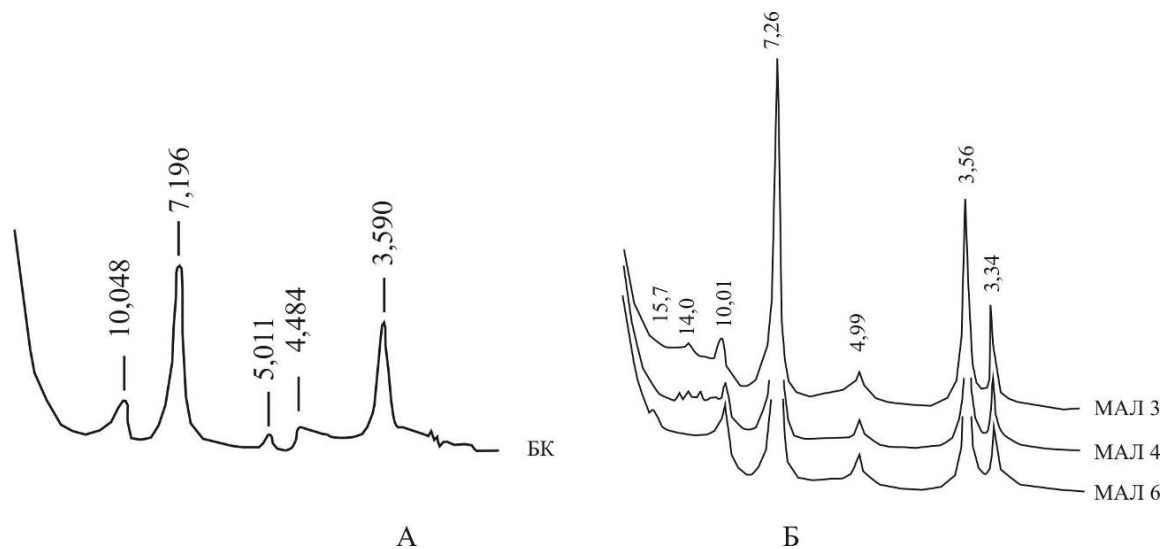


Рисунок 9 – Дифрактограммы глин месторождений Большая Карповка (А) и Малоархангельское (Б).

Он выдержан по всей толще, меняются только процентные соотношения этих минералов в зависимости от количества примеси кварца. Этот состав глин выдержан на всей территории развития лагунно-морских фаций. Меняется только соотношение глинистой и кварцевой компонент. Так на дифрактограмме глины из

Малоархангельского месторождения (см. рис. 9) помимо рефлексов каолинита и иллита отмечаются отражения кварца, свидетельствующие о его примеси.

Таким образом, глинистые минералы из пород лагунно-морской зоны имеют иллит-каолининовый состав, унаследованный от образований источников сноса. Изменения каолинита в щелочной среде связаны с дроблением его кристаллов и некотором разупорядочивании структуры. Изменений для иллита не наблюдается.

6.3. Химический состав глин

В зависимости от химического состава глин Латненского месторождения выделяются семь технологических сортов глин [Савко и др., 2004; Савко и др., 2001; Савко и др., 2011]. Их отнесение к тому или иному сорту определяется соотношением $Al_2O_3+TiO_2$ и SiO_2 , количеством железа, ухудшающим качество сырья. Носителями глинозема являются глинистые минералы и гиббсит, кремнезема – кварц и глинистая составляющая (силикатный кремнезём), железа – пирит, в незначительной степени оксиды железа, титана – ильменит, мелкие выделения которого всегда присутствуют в породе. Глины объединены в основные, полукислые и кислые сорта.

Глины объединены в основные, полукислые и кислые сорта. Наиболее огнеупорные сорта с содержанием $Al_2O_3+TiO_2$ 39–49%. При наличии в глинах песчаной примеси суммарное содержание $Al_2O_3+TiO_2$ снижается до 24–29% и далее до 18–25%.

На Лукошкинском и Чибисовском месторождениях все пробы по содержанию в них Al_2O_3 относятся к полукислым (28–14%), по количеству красящих оксидов (Fe_2O_3 и TiO_2) – с высоким (>3%) и средним содержаниями (1,5–3%). По химическому составу наиболее благоприятными для производства керамических изделий являются глины с содержанием SiO_2 65–75%, Al_2O_3 – 13–20%, Fe_2O_3 – 3–6%, CaO до 5%. Весьма вредна примесь SO_3 .

6.4. Влияние вещественного состава глин на их керамические свойства

Основными показателями, влияющими на керамические свойства глин, являются огнеупорность, спекаемость, пластичность, засоренность, чувствительность к сушке, прочность на сжатие. *Огнеупорность*, во многом зависит от химического состава. Для её выявления использовано 72 определения химического состава и показателя огнеупорности глин месторождений: Латненское, Большекарповское, Лукошкинское, Чибисовское, Малоархангельское, а также глин проявлений, описанных автором. С увеличением легкоплавких соединений огнеупорность значительно падает. Это относится, в основном, к глинам с содержанием $Al_2O_3+TiO_2$ от 10 до 22%. При дальнейшем увеличении глинозема линии температур огнеупорности, керамические глины направлены в сторону более высоких содержаний легкоплавких примесей.

Увеличение содержания каолинита, гиббсита и окиси титана приводит к возрастанию огнеупорности.

6.5. Характеристика общих особенностей генезиса аптских глин

Минеральный состав, содержание петрогенных оксидов и малых элементов аптских глинах определяются сочетанием ряда факторов: палеогеографического, фациального, климатического, петрографического, минерального и геохимического. К основным факторам становления месторождений отнесены общие, создающие предпосылки для их образования и частные, определяющие вид гипергенных полезных ископаемых. В первую группу входят климатический, структурно-тектонический, стратиграфический и палеогеоморфологический факторы. Вторая группа включает фациальный и диагенетический факторы.

Климат играет основополагающую роль в формировании гипергенных месторождений полезных ископаемых. Наиболее благоприятным является энергоемкий и геохимически активный климат экваториальных муссонов. В палеогеографическом отношении рассматриваемый регион в аптское время был в северной субтропической зоне, протягивающейся от Северной Америки через Северную и Северо-Западную Европу, через большую часть Восточно-Европейской платформы, Западную Сибирь до Дальнего Востока и Японии.

Таким образом, на возвышенной аллювиальной равнине образовались существенно каолиновые глины латненского типа (огнеупорные). Значительную роль в её пределах играло «дозревание» вещества в условиях теплого гумидного климата при наличии значительного количества органического вещества [Бушинский, 1977]. Поэтому песчаные породы имеют почти мономинеральный кварцевый состав, а в глинах резко повышены количества каолинита и может присутствовать гиббсит.

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 [Савко, 1987; Бушинский, 1977]. Они менее качественные по сравнению с латненскими, поскольку их огнеупорность ниже.

К лагунно-морским отложениям приурочены тугоплавкие керамические глины. Они имеют иллит-каолиновый состав, формировались за счет размыва КВ и материала их переотложения 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 [Крайнов, 2015].

Таким образом, каолинит в аптских отложениях имеет полигенетический характер. Он образовался в девонских КВ, за счет которых сформировалась мамонская ПКТ, бывшая основным источником сноса для аптских отложений. На аллювиальных равнинах аптского времени происходило новообразование каолинита, который вместе с аллотигенной его разностью слагает почти мономинеральные каолинитовые глины. Терригенный материал, отлагавшийся в лагунно-морских условиях, не подвергался изменениям. Они являются тугоплавким сырьем.

В региональном плане климатический, структурно-тектонический, стратиграфический и геоморфологический факторы аптского времени определяли условия локализации в регионе месторождений глинистого сырья в целом. Локальные факторы (фациальный и диагенетический) ответственны за размещение, генезис и вещественный состав огнеупорных и тугоплавких керамических глин рассматриваемой территории.

Керамические глины наиболее изучены в местах их приповерхностного залегания, где вскрываются эрозийными процессами и добываются. 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 в первые десятки метров. 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.

Обоснование **четвертого защищаемого положения** приведено в **главе 7**.

Глава 7. Керамические глины кайнозойских отложений

В кайнозое выделено 4 стратиграфических уровня развития керамических глин: I – киевский (средний эоцен), II – берекский (верхний олигоцен), III – шапкинский (нижний миоцен), IV – усманский (нижний плиоцен) [Крайнов, 2019]. К первому уровню приурочено Сергиевское месторождение, Горшеченское и Калачское проявления керамических глин, ко второму – Шрамовское (Россошанское), к третьему – Краснояружское, Краснопольское, Колотиловское и другие, к четвертому – Байгоровское месторождения (рис. 10). Государственным балансом запасов учтены два месторождения – Краснояружское и Шрамовское, которые находятся в нераспределенном фонде недр [Государственный баланс, 2016].

7.1. Керамические глины киевских отложений

Глины киевской свиты эоцена имеют преимущественно иллит-сметитовый состав и специализируются на бентонитовое сырье. О глинах, имеющих повышенное содержание каолинита и которые могут рассматриваться в качестве керамических,

имеются крайне скудные сведения [Бартенев, Савко, 2001; Дмитриев, 2016; Крайнов, Дмитриев, 2019].

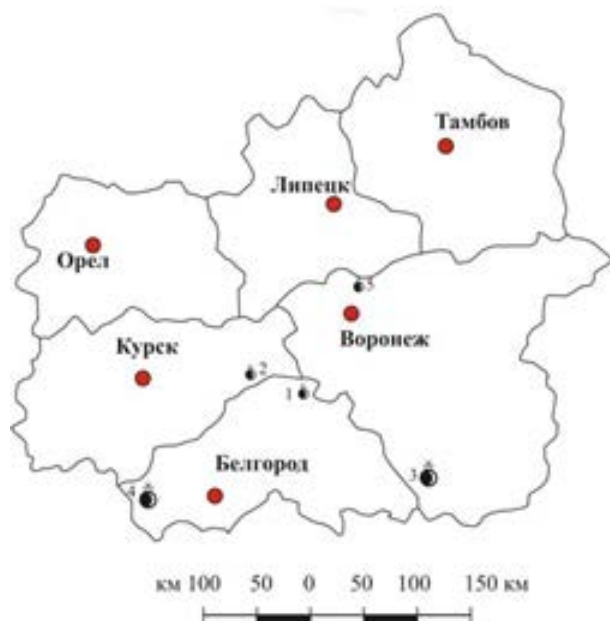


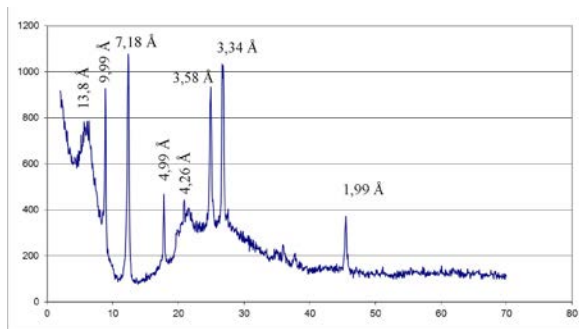
Рисунок 10 – Схема расположения кайнозойских месторождений и проявлений керамических глин Центрально-Черноземного района. 1 – Сергиевское, 2 – Горшеченское, 3 – Шрамовское (Россошанское), 4 – Краснояружское, 5 – Байгоровское.

Они развиты в верхних частях разрезов киевской свиты (верхнекиевская подсвита) и приурочены к мелководно-морским образованиям, тяготеющим к районам выклинивания рассматриваемых образований и источникам сноса. Изучены геология и вещественный состав верхнекиевских глин, в т.ч. на примере

Сергиевского месторождения и Горшеченского проявления.

Глины коричневые, красно-коричневые, пестро-цветные, среднепластичные (число пластичности 19,9–23,0 ед.), низко- и среднедисперсные (содержание частиц менее 0,001 мм – 35,9–41,9%). По химическому составу глины кислые и полукислые: Al_2O_3 10,27–23,15%, SiO_2 57,80–73,93%; с высоким содержанием красящих оксидов: Fe_2O_3 – 3,55–5,65. Показатель огнеупорности – 1400–1480 °С.

На дифрактограммах устанавливается монтмориллонит-иллит каолиновый



состав с преобладанием первого минерала (рис. 11). При обжиге дают черепок светло-оранжевого и оранжевого цвета.

Рисунок 11 – Дифрактограмма фракции менее 0,005 мм глин Горшеченского проявления.

На электронно-микроскопических снимках (рис. 12) преобладают чешуйки каолинита размером менее 5 мкм, неправильной формы, вызванной изменением псевдогексагональных пластинок, что выражается в расплывчатости их контуров, появлении зазубрин. Редко встречается каолинит в округлых формах со слабо выраженными псевдогексагональными очертаниями.

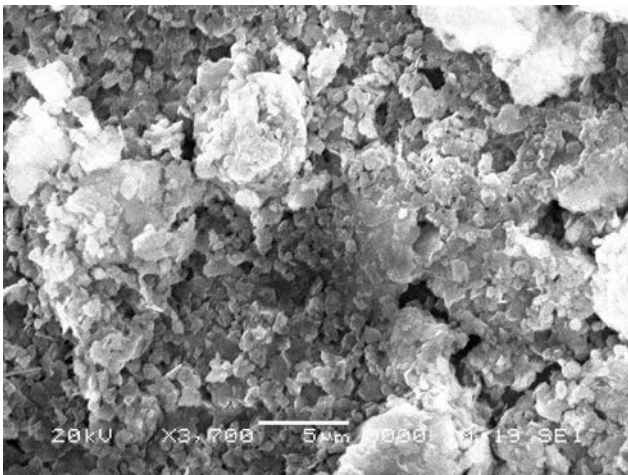


Рисунок 12 – Каолиниты из глин Горшеченского проявления. РЭМ JSM 6380 LV, аналитик к. г.-м. н. Н.С. Базиков.

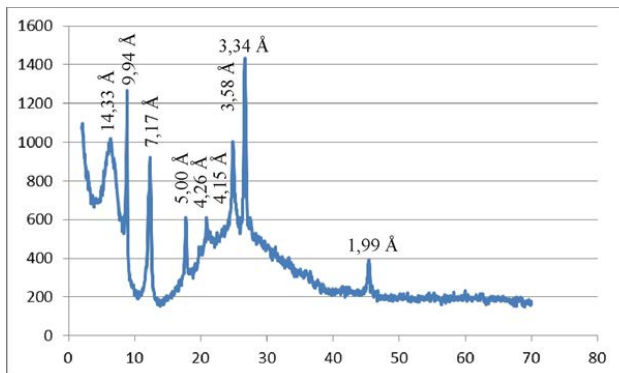
В киевское время формирование керамических глин происходило в мелководно-морских условиях [Савко и др., 2001; Савко и др., 2004] при размыве аптских и палеозойских каолинитсодержащих пород. Мелководно-морские фации неблагоприятны для формирования керамических глин, так как каолинит – главный минерал, определяющий их свойства не устойчив в щелочной морской среде. Это подтверждается дифрактограммами, на которых содержание каолинита, смектита и иллита примерно одинаковое. Поэтому киевские отложения наименее перспективные из рассматриваемых для выявления в них месторождений керамических глин.

7.2. Керамические глины берекских отложений

Отложения берекской свиты распространены в южной части Воронежской антеклизы, слагают верхние части водоразделов и представлены кварцевыми песками и алевритами, содержащими линзы и пласты глин на отдельных участках.

Глины серые, зеленовато-серые, желтовато-серые, желтоватые, темно-серые. Они состоят из каолинита, монтмориллонита и иллита, содержание которых меняются по площади. Каолинит преобладает в серых глинах, монтмориллонит – в зеленовато-серых. Темно-серые глины распространены на юге Воронежской области, они иллит-каолинитовые с примесью монтмориллонита.

В берекское время при регрессии палеогенового бассейна в прибрежно-морской зоне мелководного бассейна образовались полиминеральные керамические глины *Шрамовского месторождения* (3) (см. рис. 10). Источником сноса для них помимо содержащих каолинит аптских и палеозойских пород были палеогеновые, особенно киевские отложения. По данным рентгеноструктурного анализа состав глин



монтмориллонит-иллит-каолинитовый (рис. 13).

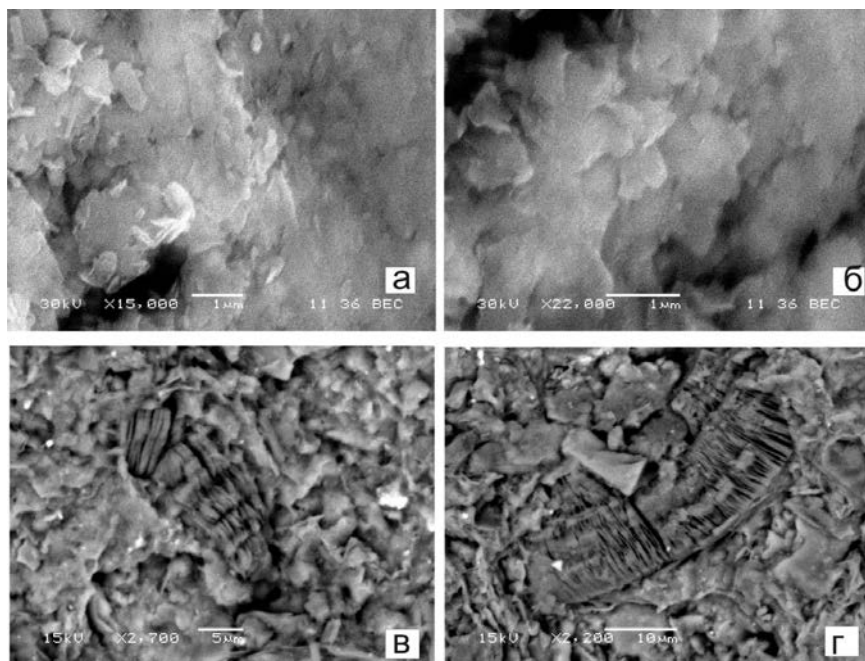
Рисунок 13 – Дифрактограмма фракции менее 0,005 мм глин *Шрамовского месторождения*.

Монтмориллонит определяется по межплоскостным расстоянием 13,93–14,33 Å; иллит – 9,94 Å, 5,0 Å, 3,34 Å;

каолинит – 7,18 Å, 4,47 Å, 3,58 Å. В пробе также присутствует кварц.

По данным РЭМ в глинах Шрамовского месторождения встречаются 2 генерации каолинита. В первой он плохо окристаллизован, чешуйки имеют размер, преимущественно менее 1 мкм (рис. 14 а, б). Хорошо окристаллизованные гексагональные пластинки отсутствуют.

Такая форма чешуек типична для аллотигенной разновидности. Каолинит второй генерации представлен вермикулярными кристаллами размером от 10 до 40 мкм (рис. 14 в, г). Также на снимках можно видеть изометричные пластины. По содержанию глинозема глины Шрамовского месторождения относятся к группам полукислых и кислых



тугоплавких (с показателем огнеупорности 1400–1560°C), с высоким и средним содержанием красящих оксидов, средне- и высокопластичным (число пластичности 18,7–28,9).

Рисунок 14 – Каолиниты из глин Шрамовского месторождения. РЭМ JSM 6380 LV, аналитик к. г.-м. н. С.М. Пилюгин.

Невысокие технологические свойства керамического сырья обусловлены значительным содержанием в нем монтмориллонита и иллита. Однако высокое содержание кремнезема ухудшает качество керамических изделий. Получать различную керамическую продукцию высокого качества возможно путем введения корректирующих добавок.

7.3. Керамические глины шапкинских отложений

В раннем миоцене сформировались отложения шапкинской свиты. Глины шапкинской свиты развиты на возвышенных участках водораздельных пространств рек Псела, Ворсклы, Северного Донца, Оскола, где повсеместно залегают на песчаных породах полтавской серии олигоцена. Рассматриваемые образования залегают в виде крупных линз в песчаных породах, которые в виде цепочек прослеживаются с севера на юг на западе Курской и Белгородской областей. Мощность шапкинских отложений составляет в среднем 8–10 м, глубина залегания от поверхности от 1–2 до 10 метров.

В шапкинской свите установлены два типа отложений – делювиально-аллювиальный и озерно-болотный [Савко, 2000; Савко и др., 2005]. В последнем

преобладают озерные образования. По простирацию один тип фациальных отложений замещается другим. С глинами озерной фации связано *Краснояржское месторождение* (4) керамических глин в Белгородской области. Полезная толща состоит из двух горизонтов: нижний – горизонт огнеупорных глин, мощностью до 5,3 м; верхний – горизонт тугоплавких глин, мощностью до 11,9 м, средняя мощность полезной толщи 7,22 м. Полезная толща представлена глиной светло-серой со слабым желтоватым или зеленоватым оттенками, неслоистой, жирной на ощупь, средне- и высокопластичной, пятнами ожелезненной. По данным рентгеноструктурного анализа глина имеет монтмориллонит-каолининовый состав. Монтмориллонит характеризуется межплоскостным расстоянием 13,98 Å, каолинит – 7,22 Å, 4,47 Å, 3,54 Å. В пробе отмечаются кварц и следы иллита (рис. 15).

По данным растровой электронной микроскопии для каолинита из глин Краснояржского месторождения (рис. 16) размер частиц каолинита колеблется от 0,1 до 1,5–2,0 мкм, обычно менее 0,5 мкм. Гексагональные грани, характерные для каолинита КВ отсутствуют. Пластинчатые частички минерала имеют сглаженные (обломанные) в процессе переноса и вторичного переотложения формы. Грани пластинок обычно имеют неровные контуры, часто с волнистыми корродированными краями.

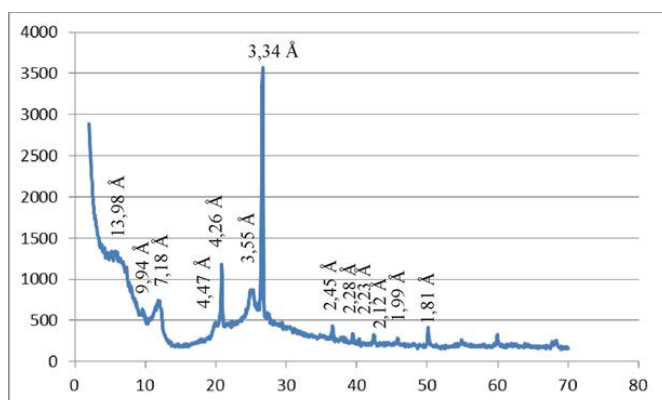


Рисунок 15 – Дифрактограмма фракции менее 0,005 мм глин Краснояржского месторождения

По классификации сырья для керамической промышленности эти глины относятся к группам полукислых тугоплавких (Т плавления 1480°C), с высоким содержанием красящих оксидов, средне- и высокопластичным (число пластичности 16,6–31,3). При обжиге дают кирпичный цвет черепка.

Полиминеральный состав глин Краснояржского месторождения обуславливает их хорошие керамические свойства. Наличие каолинита препятствует вспучиванию, водопоглощению и большой усадке черепка при обжиге. Присутствие монтмориллонита обеспечивает пластификаторские свойства глинистой массы. Обычное суммарное преобладание иллита и монтмориллонита при наличии каолинита дает возможность отнести это сырье к группе среднетемпературного спекания (1200–1250 °C).

7.4. Керамические глины усманской свиты

Нижнеплиоценовые отложения усманской свиты неогена распространены в бассейне Верхнего Дона. Они сформировались в пределах широкой аллювиальной

равнины [Холмовой, 1993]. Глины в этих отложениях по составу полиминеральные, отличаются высокими значениями массовой доли глинистой составляющей, к тому же существенно увеличивающейся (на 5–10%) при дезинтеграции глинистых агрегатов. В поле развития нижнеплиоценовых отложений разведано *Байгоровское месторождение (5)* керамических глин (см. рис. 10).

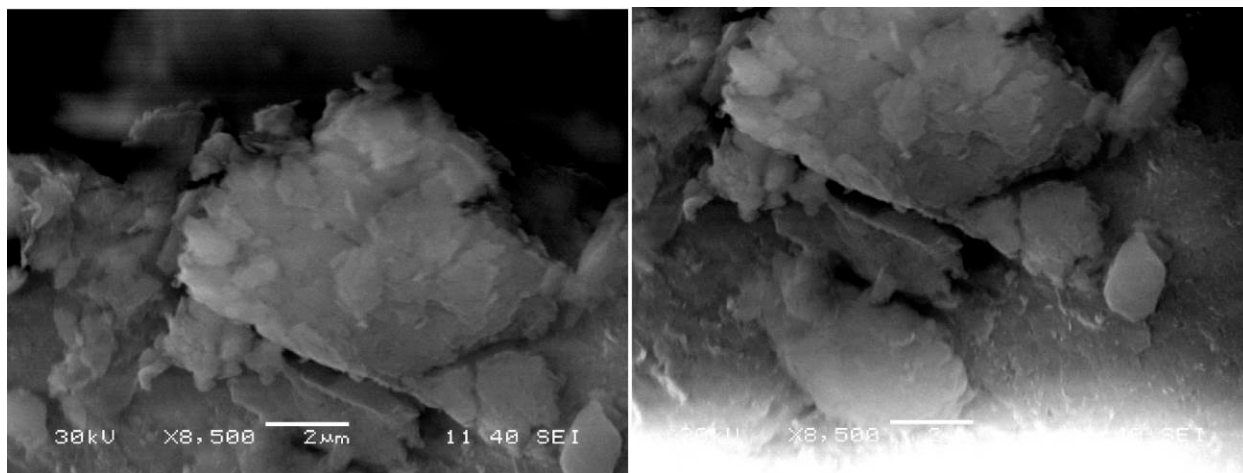


Рисунок 16 – Каолиниты из глин Краснояружского месторождения. РЭМ JSM 6380 LV, аналитик к. г.-м. н. С.М. Пилюгин.

Полезная толща мощностью от 3,5 до 10,0 в среднем 7,5 м представлена глинами светло-серыми с желтоватым, зеленоватым и розоватым цветами, придающими им мраморовидный облик. Они очень плотные, жирные, тугопластичные, подстилаются разнозернистыми, преимущественно мелкозернистыми, кварцевыми песками, желтовато-серыми, нередко с зеленоватым оттенком, в различной степени глинистыми. По гранулярному составу глины средне-, иногда высокодисперсные (фракции > 0,005 мм от 54,1 до 81,7%). В кровле пласта отмечаются характерные округлые красные выделения оксидов железа. Средняя мощность вскрыши 20,1 м.

Отличительной особенностью минерального состава глин Байгоровского месторождения является наличие в них значительного количества каолинита (37,5–72,5%) и монтмориллонита щелочноземельного типа (25,0–47,5%) при малом содержании иллита (0–10%) [Холмовой, 1985; Холмовой, 1993]. Такой состав свидетельствует о переработке глин процессами «проточного диагенеза» в условиях раннеплиоценовой аллювиальной равнины, хотя и в значительно меньшей степени, чем для таковой аптского возраста, рассмотренной в главе 5. По содержанию глинозема глины кислые (Al_2O_3 – 12,0–15,63, TiO_2 – 0,23–0,94, SiO_2 – 57,60–76,67); с высоким содержанием красящих оксидов (Fe_2O_3 – 3,53–7,46); п.п.п. – 3,41–10,28. Показатель огнеупорности – 1380–1520 °С [Вергель и др., 2004; Холмовой и др., 2014], что позволяет относить глинистое сырье Байгоровского месторождения к тугоплавкому типу. По спекаемости эти глины сильно- и среднеспекающиеся, низко- и среднетемпературного спекания, с широким интервалом спекания (1030–1250 °С)..

Рассмотренное глинистое сырьё является пригодным для производства низкосортных керамических изделий из-за повышенных содержаний железа (более 2,5%) и недостаточного количества оксида алюминия. С добавками других, менее пластичных глин они могут применяться для производства облицовочных материалов, половых плиток и кислотоупоров.

В плиоценовую эпоху формирование керамических глин байгоровского типа происходило в пойменной фации констративной фазы накопления долинного аллювия [Холмовой, 1985; Холмовой 1983]. 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 [Бортников и др., 2010], приводящих к повышению содержания каолинита. Следовательно, глины плиоцена наиболее перспективны в качестве керамического сырья.

Обоснование пятого защищаемого положения приведено в главе 8.

Глава 8. Минерагеническое районирование керамических глин Воронежской антеклизы

Хотя керамические глины являются одним из самых важных и ценных видов сырья на территории ЦЧЭР, минерагеническому районированию для него не уделено должного внимания. Так, для листа масштаба 1:1 000 000 М-37 (Воронеж) [Государственная геологическая., 2011] выделяется лишь Воронежский минерагенический район, в то же время на листе N-37 (Москва) [Государственная геологическая., 1999], несмотря на наличие в его пределах крупных месторождений, не выделены районы развития керамических глин. Также не выделены более крупные таксоны – минерагенические зоны.

Воронежский минерагенический район, согласно предлагаемому районированию, приурочен к распространению песчано-глинистых отложений аптского яруса нижнего мела и объединяет Латненское месторождение огнеупорных глин и Большекарповское тугоплавких, однако, при минерагеническом районировании не были учтены особенности генезиса аптских глин.

В 2017 году было разведано первое месторождение вторичных каолинов Козынка, которые относятся к керамическому сырью. Это подтвердило перспективность ПКТ на подобные месторождения и необходимость в более обоснованном прогнозе на них.

Эта информация, ранее проведенные исследования генезиса аптских глин [Крайнов, 2015; Bortnikov et. al., 2010; Bortnikov et. al., 2011; Савко и др., 2011], а также выделенные в результате работ по ГДП-200 [Крайнов, 2015] проявления керамических глин позволяют внести существенные коррективы в минерагеническое районирование исследуемой территории.

8.1. Керамические глины мамонской толщи

После выявления месторождения вторичных каолинов Козынка, выделена *Мамонская минерагеническая зона* по границе распространения ПКТ. Территориально она приурочена к югу Воронежской области, частично, к востоку Белгородской, северу Ростовской и северо-западу Волгоградской областей (Прил. 4). Общая площадь её распространения около 28 000 км² и четко разделяется на 3 участка: Западный, Центральный и Восточный.

Центральный участок располагается к востоку от долготы г. Павловска до г. Калач. Его длина и ширина порядка 60 км каждая. Восточный участок прослеживается восточнее долготы г. Калач. Именно по границам распространения центрального участка выделен *Павловск-Калачский минерагенический район*. Основанием для его выделения послужило наличие месторождения, а также выявленные на фациальных картах континентальные фации, благоприятные для формирования месторождений керамических глин.

Здесь мамонская песчано-каолиновая толща содержит относительно мощные пласты глин и каолинит-содержащих песков и залегает неглубоко. При проведении работ по ГДП-200 листа М-37-ХІ (Бобров) в пределах Павловск-Калачского минерагенического района выявлена перспективная Воробьевская площадь (ВП) на глины керамические и огнеупорные. Основанием для выделения перспективной площади послужило наличие Воробьевского проявления и континентальных фаций (озерно-болотных и аллювиальных пойменно-старичных), благоприятных для формирования месторождений керамических глин.

8.2. Керамические глины аптского яруса

Ранее проведенные по ним исследования и полученные данные при ГДП-200 позволяют внести изменения в схему минерагенического районирования для листов масштаба 1:1 000 000 N-37 и М-37.

Малоархангельск–Воронежская минерагеническая зона проходит через северную и северо-западную части листа М-37 (Воронеж), южную и юго-западную части листа N-37 (Москва), и захватывает юго-восточную и северо-восточную оконечности листов N-36 (Смоленск), и М-36 (Киев) соответственно.

Зона выделена по суммарному распространению континентальных и лагунно-морских фаций апта, в которых происходило формирование керамических глин. В

пределах этой минерагенической зоны выделено 2 района: *Воронежский* и *Курско-Елецкий*.

Воронежский минерагенический район расположен в северной части листа М-37 и объединяет в себе 2 крупных месторождения огнеупорных глин: Латненское и Криушанское, а также ряд проявлений, выявленных при ГДП-200. Его контуры приурочены к границам распространения фаций высокой и низкой аллювиальных равнин. Как показано в ранее проведенных работах [Крайнов, 2015; Vortnikov et. al., 2010; Vortnikov et. al., 2011; Савко и др., 2011], именно в этих обстановках происходило формирование огнеупорных разновидностей керамических глин (см. Главу 6). В пределах *Воронежского минерагенического района* выделено 4 минерагенических узла развития керамических глин: I – Большекарповский, II – Касторенский; III – Старо-Ведугский, IV – Латненский. Подсчитанные прогнозные ресурсы по трем рудным узлам по категории Р₃ в сумме составляют 26,4 млн т.

Курско-Елецкий минерагенический район проходит через северную и северо-западную части листа М-37 (Воронеж), южную и юго-западную части листа N-37 (Москва), и захватывает юго-восточную и северо-восточную оконечности листов N-36 (Смоленск), и М-36 (Киев) соответственно. Он объединяет в себе Лукошкинское, Чибисовское, Большекарповское, Малоархангельское месторождения тугоплавких глин и ряд проявлений, выделено при ГДП-200 листа М-37-XXXIII (Елец). Его контуры совпадают с границами распространения лагунно-морских фаций, в которых происходило формирование тугоплавких разновидностей керамических глин. Они имеют иллит-каолинитовый состав, образовались за счет размыва КВ и продуктов их переотложения в источниках сноса. Состав глин выдержан, меняется, лишь соотношение глинистой и песчаной компонент. В благоприятных для осаждения глинистых илов обстановках лагунно-морской зоны сформировалось большинство месторождений и проявлений керамических глин. При этом дозревания осадка не происходило. Преобразования каолинита в щелочной лагунно-морской среде связаны с дроблением его кристаллов и некоторым разупорядочиванием структуры.

Это и определяет отличие Воронежского минерагенического района от Курско-Елецкого: в пределах первого формировались качественные **огнеупорные** разновидности керамических глин за счет дозревание осадка; в пределах второго существенных преобразований не происходило, здесь образовывались **тугоплавкие** разновидности керамических глин при одном источнике сноса.

8.3. Керамические глины кайнозоя

При проведении работ по ГДП-200 были выявлены проявления керамических глин кайнозоя Нижнедевицкое и Ефросимовское. Для керамических глин кайнозоя минерагеническое районирование не проводилось, так как это сырье невысокого качества, месторождения рассредоточены по территории, а площади развития фаций

незначительны. Технологические свойства кайнозойских глин можно прогнозировать после проведения полевых и лабораторных исследований вещественного состава глин. Для керамических глин следует выбирать участки с минимальным содержанием монтмориллонита в их составе. Различные добавки могут перевести рассматриваемые керамические глины в более высокие сорта.

Заключение

В процессе проведения исследований была достигнута поставленная цель – выявление распространения, вещественного состава и условий формирования каолинитовых глин рассматриваемого региона для прогноза поисков и технологических свойств глинистого сырья в зависимости от его вещественного состава.

Получены следующие результаты:

Благоприятные палеогеографические и тектонические условия для образования месторождений каолинитовых глин сложились в позднедевонское, визейское, батское, аптское, позднеэоценовое, олигоценовое, раннемиоценовое и раннеплиоценовое время. Вместе с тем, фациальные обстановки формирования глин на этих стратиграфических уровнях существенно различались, что сказалось на вещественном составе, технологических свойствах сырья и масштабах месторождений. Наиболее благоприятными для их поисков являются отложения мамонской толщи и апта.

Вторичные каолины верхнедевонского возраста развиты в мамонской ПКТ, расположенной в эрозионно-тектонической депрессии на юге ВА. Выделены три зоны развития ПКТ – Западная, Центральная и Восточная, каждая из которых содержит определенный набор фаций. Наиболее благоприятна для поисков вторичных каолинов Центральная зона.

Существенно каолинитовые (огнеупорные) глины апта образовались в пределах аллювиальной равнины, тугоплавкие – в лагунно-морской зоне.

Огнеупорные глины аптского возраста имеют преимущественно монтмориллонит-каолинитовый состав, а тугоплавкие – иллит-каолинитовый. В огнеупорных глинах установлены как терригенный, так и аутигенный каолиниты, в тугоплавких – только первая разновидность этого минерала.

Значительную роль в пределах возвышенной аллювиальной равнины играло «дозревание» вещества в результате промывного диагенеза в условиях теплого гумидного климата при наличии значительного количества органики. Это привело к каолинизации иллита и монтмориллонита в результате трансформационных и синтетических процессов, появлению гиббсита.

Иллит-каолинитовый состав глин лагунно-морской зоны унаследован от размывных образований источников сноса.

В кайнозое установлено четыре стратиграфических уровня развития керамических глин: I – среднеэоценовый (киевский), II – верхнеолигоценовый (берекский), III – нижнемиоценовый (шапкинский), IV – нижнеплиоценовый (усманский). С ними связаны все известные месторождения и проявления этого вида минерального сырья.

Рассматриваемые глины имеют полиминеральный состав. Палеогеновые разности монтмориллонит-иллит-каолинитовые примерно с близкими соотношениями этих минералов, тогда как неогеновые – монтмориллонит-каолинитовые с примесью иллита до 10–15%. Такой состав свидетельствует о воздействии на последние процессов «промывного диагенеза», хотя и в не таких масштабах, как на аптские глины. Об этом свидетельствует редкое появление огнеупорных разностей среди неогеновых глин.

Вторичные каолины мамонской толщи ассоциируют с вмещающими и перекрывающими кварцевыми песками, 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.

Проведенные исследования позволили провести минерагеническое районирование керамических глин ВА.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защит в диссертационном совете МГУ по специальности 1.6.5 – «Литология»

1. **Крайнов А.В.** Результаты изучения тугоплавких глин участка "Соколье" (Липецкая область // Вестник Воронеж. гос. ун-та. – Сер.: Геология. – Воронеж. – 2009. – № 2. С. 79–84. (авторский вклад – 100%) Импакт-фактор РИНЦ 0,268.

2. **Крайнов А.В.,** Дмитриев Д.А. Характеристика вещественного состава и строения глинистых пород аптского яруса (Липецкая область, Елецкий район) // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – 2010. – № 1. – С. 296–299. (авторский вклад – 80%) Импакт-фактор РИНЦ 0,268.

3. Бортников Н.С., Минеева Р.М., Савко А.Д., Новиков В.М., **Крайнов А.В.,** Беркета А.Г., Сперанский А.В. История каолинита в коре выветривания и связанных с ней месторождениях глин по данным ЭПР // Доклады Академии наук. 2010. Т. 433. № 2. С. 227–230. (авторский вклад – 10%) Импакт-фактор РИНЦ 0,707.

4. Савко А.Д., Новиков В.М., **Крайнов А.В.**, Давыдов Д.Н., Ратников В.Ю. Минерогения аптских отложений Воронежской антеклизы. Статья 1. Огнеупорные и керамические глины // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – № 2. – 2011. – С. 116–136. (авторский вклад – 30%) Импакт-фактор РИНЦ 0,268.
5. Бортников Н.С., Новиков В.М., Дубинина Е.О., Савко А.Д., Беркета А.Г., **Крайнов А.В.** Изотопный состав кислорода каолинитовых пород как отражение различных стадий их литогенеза // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 438. – № 3. – С. 5–7. (авторский вклад – 10%) Импакт-фактор РИНЦ 0,707.
6. Савко А.Д., **Крайнов А.В.**, Давыдов Д.Н., Ратников В.Ю. Минерогения аптских отложений Воронежской антеклизы. Статья 2. Полезные ископаемые песчаных пород // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – № 1 – 2012. – С. 155–172. (авторский вклад – 50%) Импакт-фактор РИНЦ 0,268.
7. Бортников Н.С., Новиков В.М., Савко А.Д., Боева Н.М., Жегалло Е.А., Бушуева Е.Б., **Крайнов А.В.**, Дмитриев Д.А. Структурно-морфологические особенности каолинита различных стадий литогенеза глинистых пород (на примере Воронежской антеклизы) // Литология и полезные ископаемые. – 2013. – № 5. – С. 426–440. (авторский вклад – 10%) Импакт-фактор РИНЦ 0,500.
8. **Крайнов А.В.** Вещественный состав огнеупорных и тугоплавких глин аптского яруса северо-восточного склона Воронежской антеклизы // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – 2014. – № 1. – С. 296–299. (авторский вклад – 100%) Импакт-фактор РИНЦ 0,361.
9. **Крайнов А.В.** Аптские тугоплавкие глины участка «Черкасские дворики» (Липецкая область) // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – 2014. – № 3. – С. 109–112. (авторский вклад – 100%) Импакт-фактор РИНЦ 0,361.
10. **Крайнов А.В.** Литология и фации аптских отложений северной части ЦЧЭР в связи с поисками керамических глин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – 2015. – № 1. – С. 29–40. (авторский вклад – 100%) Импакт-фактор РИНЦ 0,479.
11. **Крайнов А.В.** Вещественный состав керамических глин аптского яруса северной части ЦЧЭР // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – 2015. – № 2. – С. 31–36. (авторский вклад – 100%) Импакт-фактор РИНЦ 0,479.
12. **Крайнов А.В.** Характеристика перспективных участков для постановки разведочных работ на керамические глины на границе Курской и Воронежской областей // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – 2015. – № 3. – С. 134–137. (авторский вклад – 100%) Импакт-фактор РИНЦ 0,479.
13. Бортников Н.С., Савко А.Д., Новиков В.М., Боева Н.М., Соболева С.В., Жегалло Е.А., Дмитриев Д.А., **Крайнов А.В.**, Жухлистов А.П., Бушуева Е.Б. Латненское месторождение огнеупорных глин (Центральная Россия) // Литология и

полезные ископаемые. – Москва. – 2016. – № 6. – С. 1–15. (авторский вклад – 10%)
Импакт-фактор РИНЦ 0,688.

14. Горюшкин В.В., **Крайнов А.В.** Меловые пески района Латненского месторождения (Воронежская область). Возможности применения // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2016. – Вып. 2. – С. 92–99. (авторский вклад – 90%) Импакт-фактор РИНЦ 0,337.

15. Горюшкин В.В., **Крайнов А.В.** Песчаники Латненского месторождения // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2016. – Вып. 1. – С. 22–26. (авторский вклад – 90%) Импакт-фактор РИНЦ 0,337.

16. **Крайнов А.В.** Горюшкин В.В. Минерально-сырьевая база стекольных песков Центрально-Черноземного района и перспективы ее развития // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология.— Воронеж, 2017.— № 1. – С. 90–95. Импакт-фактор РИНЦ 0,489.

17. **Крайнов А.В.**, Дмитриев Д.А. Минерально-сырьевая база тугоплавких и огнеупорных глин Центрально-Черноземного района и перспективы ее развития // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. – Воронеж, 2017.— № 4. – С. 79–85. (авторский вклад – 70%) Импакт-фактор РИНЦ 0,489.

18. **Крайнов А.В.**, Горюшкин В.В. Фосфориты района Латненского месторождения (Воронежская область). Возможности их использования // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология.— Воронеж, 2017.— № 3. – С. 24–29. (авторский вклад – 90%) Импакт-фактор РИНЦ 0,489.

19. Мануковский С.В., **Крайнов А.В.**, Корабельников Н.А., Милаш А.В. Мамонская толща – источник получения стекольного, формовочного и строительного песчаного сырья, обогащенного каолинита // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. – Воронеж, 2018. – № 1. – С. 58–66. (авторский вклад – 60%) Импакт-фактор РИНЦ 0,276.

20. Савко А.Д., Мануковский С.В., **Крайнов А.В.**, Корабельников Н.А., Милаш А.В. Вторичные каолины девона Воронежской антеклизы на примере месторождения Козынка // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж. – 2018. – № 2. – С. 20–28. (авторский вклад – 60%) Импакт-фактор РИНЦ 0,276.

21. Савко А.Д., Дмитриев Д.А., **Крайнов А.В.**, Милаш А.В. Минерально-сырьевая база неметаллических полезных ископаемых Центрально-Черноземного региона и рациональное ее использование. Статья 1. Состояние минерально-сырьевой базы неметаллов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж, 2018. – № 3. – С. 50–65. (авторский вклад – 40%) Импакт-фактор РИНЦ 0,276.

22. **Крайнов А.В.**, Дмитриев Д.А. Керамические глины кайнозоя Центрально-Черноземного района // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.

Геология. – Воронеж, 2019. – № 2. – С. 81–87. (авторский вклад – 70%) Импакт-фактор РИНЦ 0,282.

23. Савко А.Д., **Крайнов А.В.**, Овчинникова М.Ю., Милаш А.В., Новиков В.М. Эпохи формирования кор выветривания и связь с ними месторождений вторичных каолинов и керамических глин в фанерозое Воронежской антеклизы // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – Воронеж, 2019. – № 3. – С. 23–34. (авторский вклад – 40%) Импакт-фактор РИНЦ 0,282.

24. Савко А.Д., Новиков В.М., Боева Н.М., **Крайнов А.В.**, Милаш А.В., Жегалло Е.А., Овчинникова М.Ю., Бортников Н.С. Новая каолиноносная провинция России в южной части Воронежской антеклизы // Доклады Академии наук. – Москва, 2019. – Т. 489, № 6. – С. 621–625. (авторский вклад – 20%) Импакт-фактор РИНЦ 0,845.

25. **Крайнов А.В.**, Мануковский С.В. Минерагеническое районирование керамических глин Воронежской антеклизы // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология.– Воронеж, 2020. – № 1. – С. 66–77. (авторский вклад – 90%) Импакт-фактор РИНЦ 0,333.

26. Савко А.Д., **Крайнов А.В.** Эволюция каолинитонакопления в фанерозое. // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2021. – Вып. 3. – С. 4–24. (авторский вклад – 50%) Импакт-фактор РИНЦ 0,327.

27. Савко А.Д., Мануковский С.В., Боева Н.М., **Крайнов А.В.**, Милаш А.В. Вторичные каолины Центрального девонского поля и перспективы поисков месторождений в его пределах // Геология рудных месторождений. 2022. Т. 64. № 5. С. 546–559. (авторский вклад – 20%) Импакт-фактор РИНЦ 1,400.

Монография

28. Савко А.Д., **Крайнов А.В.** Керамические глины Центрально-Черноземного района / Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. – Вып. 88. – Воронеж, 2015. – 109 с. (авторский вклад – 70%)

Другие публикации

29. Савко А.Д., Новиков В.М., Дмитриев Д.А., **Крайнов А.В.** Каолиниты континентальных обстановок (на примере Воронежской антеклизы) // Концептуальные проблемы литологических исследований в России: материалы 6-го Всероссийского литологического совещания. – г. Казань. – 2011 г. – Т. 2. – С. 190–194.

30. Савко А.Д., Новиков В.М., **Крайнов А.В.** Особенности минерального состава аптских глин Воронежской антеклизы // Минеральные индикаторы литогенеза: Материалы Российского совещания с международным участием. – Сыктывкар: Геопринт. – 2011. – С. 229–231.

31. **Крайнов А.В.**, Савко А.Д., Татьяначенко Т.В., Базиков Н.С., Дмитриев Д.А. Установление генезиса тугоплавких глин на основе химического и электронно-микроскопического анализов на примере участка Черкасские Дворики (Елецкий район, Липецкая область) // Концептуальные проблемы литологических исследований в России: материалы 6-го Всероссийского литологического совещания. – Казань. – 2011. – Т. 1. – С. 434–437.
32. Бортников Н.С., Савко А.Д., Новиков В.М., Соболева С.В., Боева Н.М., Жегалло Е.А., Дмитриев Д.А., **Крайнов А.В.** Геология, минералогия и геохимия огнеупорных глин Латненского месторождения // Материалы Второго Российского рабочего совещания "Глины и глинистые минералы". – Пущино. – 2012. – С. 21–22.
33. **Крайнов А.В.**, Татьяначенко Т.В. Аптские глины континентальных и прибрежно-морских обстановок на примере Большекарповского и Лукошкинского месторождений // Материалы Всероссийского совещания, посвященного 100-летию основателя Ленинградской литологической школы Льва Борисовича Рухина. – Санкт-Петербург – 2012. – Т. 1. – С. 209–211.
34. **Крайнов А.В.** Литология керамических глин аптского яруса лагунно-морских фациальных обстановок // Эволюция осадочных процессов в истории Земли: материалы VIII Всероссийского литологического совещания. – Москва. – 2015. – Т. 1. – С. 353–356.
35. **Крайнов А.В.** Фациальные основы прогноза месторождений керамических и огнеупорных глин аптского яруса северной части Воронежской антеклизы // Материалы Третьего Российского совещ. по глинам и глинистым минералам «ГЛИНЫ-2015» – Москва. – 2015. – С. 57–59.
36. Савко А.Д., Мануковский С.В., **Крайнов А.В.**, Милаш А.В. Вторичные каолины девона юго-востока Воронежской антеклизы // Осадочная геология Урала и прилежащих регионов: сегодня и завтра. Материалы 12 литологического совещания. – Екатеринбург, 2018. – С. 299–302.
37. Савко А.Д., Новиков В.М., Боева Н.М., Мануковский С.В., **Крайнов А.В.**, Милаш А.В., Вторичные каолины из различных фаций мамонской толщи верхнего девона Воронежской области // Экзолит – 2019. Фациальный анализ: теория и практика: Годичное собрание (научные чтения), посвященное 110-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, профессора Григория Федоровича Крашенинникова. Москва, 2019 г.: сборник научных материалов. – Москва, 2019 – С. 123–126.
38. Савко А.Д., **Крайнов А.В.**, Милаш А.В., Мануковский С.В. Новая провинция вторичных каолинов в центральной России // Литология осадочных комплексов Евразии и шельфовых областей: материалы 9-го Всероссийского литологического совещания (с международным участием). – Казань, 2019. – С. 404–405.

39. **Крайнов А.В.** Вещественный состав керамических глин кайнозоя Центрально-Черноземного района // Экзолит – 2019. Фациальный анализ: теория и практика : Годичное собрание (научные чтения), посвященное 110-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, профессора Григория Федоровича Крашенинникова. Москва, 2019 г.: сборник научных материалов. – Москва, 2019. – С. 73–75.

40. **Крайнов А.В.** Новые данные по минерагеническому районированию керамических глин в пределах ЦФО // Экзолит – 2020. Литологические школы России: Годичное собрание (научные чтения), посвященное 215-летию основания Московского общества испытателей природы. Москва, 2020 г.: сборник научных материалов. – Москва, 2020. – С. 138–141.

41. **Крайнов А.В.** Вскрышные породы Латненского месторождения. Возможности применения // Экзолит – 2021. Актуальные проблемы литологии: задачи и решения. Годичное собрание. Москва, 2021 г. : сборник научных материалов. – Москва, 2021. – С. 122–124.

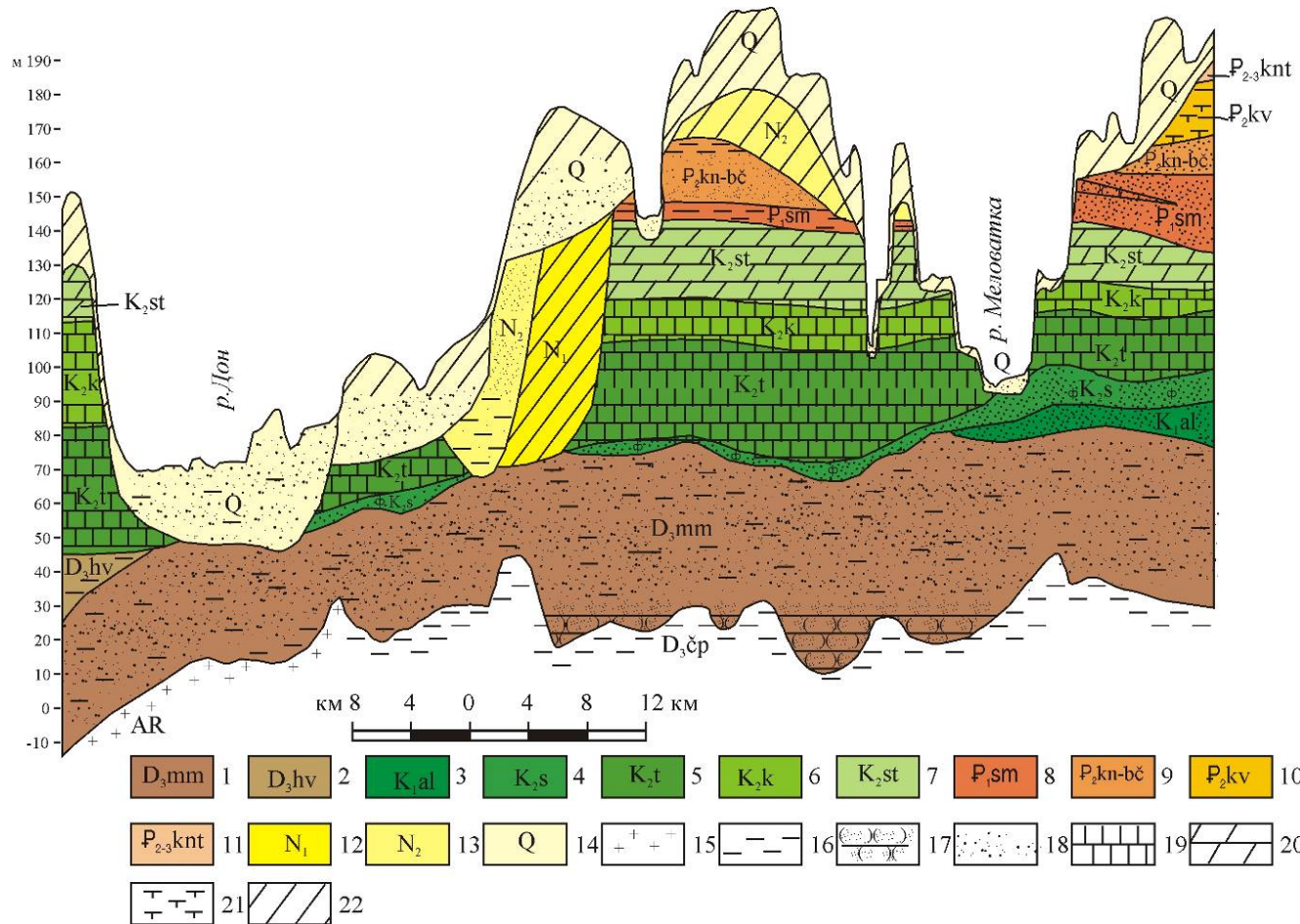
42. **Крайнов А.В.** Вторичные каолины мамонской толщи как продукт переотложения девонской коры выветривания // Россыпи и месторождения кор выветривания XXI века: задачи, проблемы, решения. Материалы XVI Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. – Воронеж, 2021. – С. 162–164.

43. **Крайнов А.В.** Этапы каолинитонакопления в фанерозое Воронежской антеклизы // Экзолит – 2022. Литология осадочных комплексов фанерозоя и докембрия : Годичное собрание (научные чтения). Москва, 2022 г. : сборник научных материалов. – Москва, 2022. – С. 71–74.

Приложение 1

Этап каолинитообразования	Источник сноса			Источник сноса			Источник сноса	
	Доверхнерифейский	Раннепалеозойский	Позднейфельский-раннефранский	Позднефранко-фаменский	Раннекаменноугольный	Раннемезозойский	Раннемеловой (аптский)	Палеоген-неогеновый
Главствующий процесс каолинитообразования	Коры выветривания по породам кристаллического фундамента	Коры выветривания по породам кристаллического фундамента	Коры выветривания по породам кристаллического фундамента + размыв ранее образованных КВ	Осадконакопление в континентальных фациях	Коры выветривания по породам кристаллического фундамента + размыв ранее образованных КВ	Коры выветривания по осадочным породам	Осадконакопление в озерно-болотных, старичных и лагунно-морских фациях	Осадконакопление в морских фациях в палеогене и континентальных - в неогене
Распространение	Северо-запад Воронежской антеклизы	Север и северо-восток Воронежской антеклизы	Юго-восток и восток ВА	Юго-восток и восток ВА	Юг и Юго-запад ВА	Юго-запад ВА	Центральная и северо-западная часть ВА	Центральная и юго-западная часть ВА
Особенности	КВ были размыты, сохранились только их корни в линейных зонах	Происходила смена климата от гумидного до аридного КВ были размыты на значительной части	2 этапа выветривания 1 этап - КВ по гранитоидам, сланцам, базитам и гипербазитам кристаллического фундамента 2 этап - каолинитовая КВ по гранитоидам и сланцам	Формирование мамонской ПКТ за счет размыва и переотложения вещества раннепалеозойской и девонских КВ на юге ВА	Формирование каолинитоносных толщ связано с древним рельефом: 1. На положительных формах развита латеритная КВ 2. В отрицательных - в озерно-болотных условиях формировались сухарные глины типа флинт-клей	В основании отложенный батского яруса развиты каолиновые глины, тяготеющие к эрозионным долинам. Они алевритистые и запесоченные. Каолинитовые глины сменяются полиминеральными	В озерно-болотных фациях возвышенной аллювиальной равнины значительную роль играло «дозревание» вещества в результате проточного диагенеза. Глины лагунно-морских фаций унаследовали состав от источника сноса	Палеогеновые глины формировались в морских водоёмах, неогеновые - в пределах аллювиальных равнин. Нижнемиоценовые тяготели к приморской, нижнеплиоценовые - внутриконтинентальной равнинам.
Мощность каолинитоносных пород		20 м, возрастает до 100 м в зоне трещиноватости	10 м	Первые м - 200 м	15 м	Первые метры	До 15 м	Первые метры
Перспектива выявления ПИ	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Вторичные каолины, кварцевые пески песчано-каолиновые смеси	Могут представлять интерес при гидроскважинной добыче	Отсутствует	Тугоплавкие глины Огнеупорные глины	Легкоплавкие глины Тугоплавкие глины

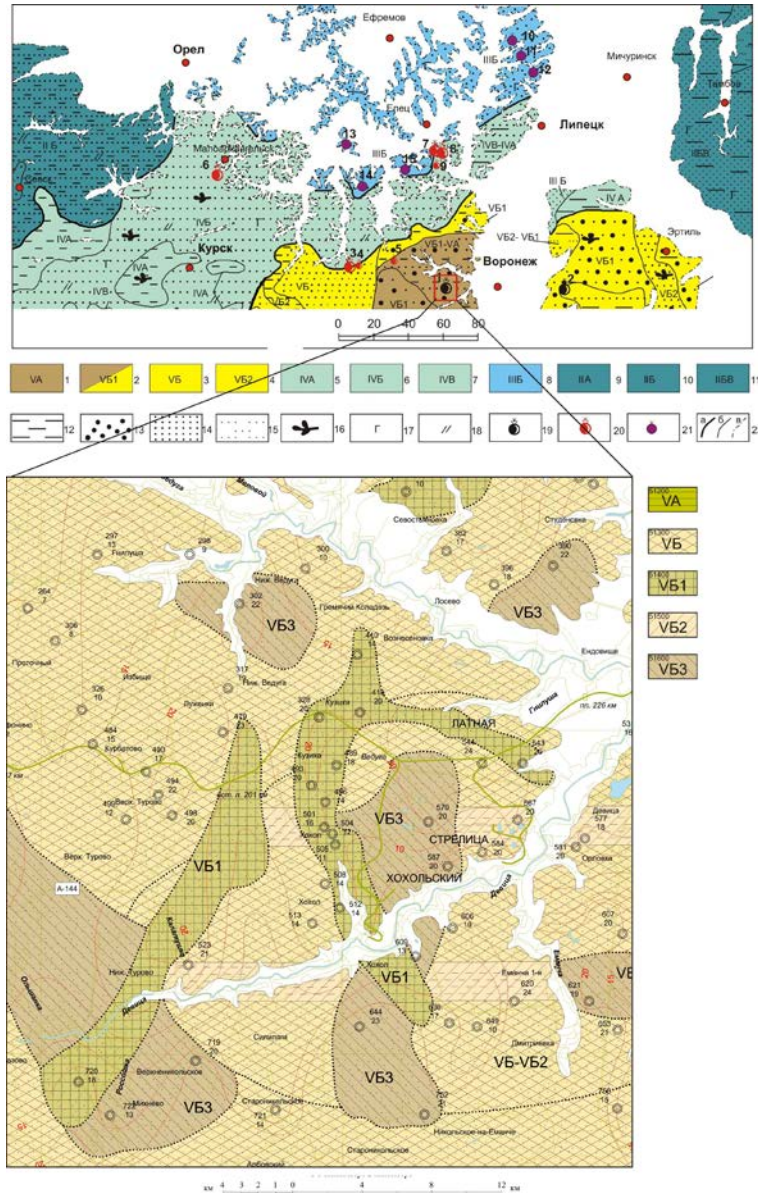
Этапность каолинитонакопления Воронежской антеклизы

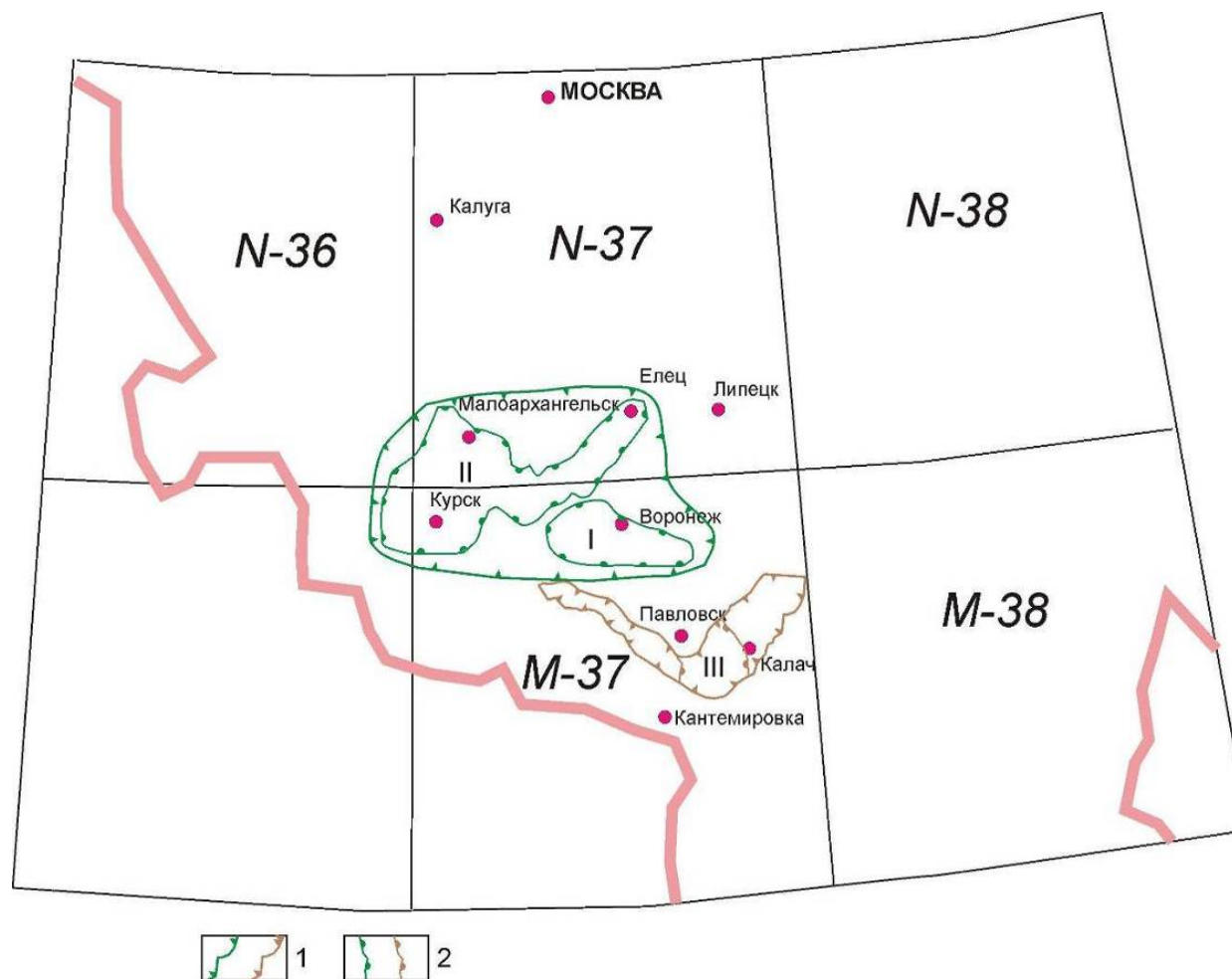


Разрез мамонской толщи по линии Дон–Меловатка. 1–12 – стратиграфические подразделения: 1 – мамонская толща, 2 – хованский горизонт, 3 – альбский, 4 – сеноманский, 5 – туронский, 6 – коньякский, 7 – сантонский ярусы, 8 – сумская серия, 9 – каневская-бучакская, 10 – киевская, 11 – кантемировская свиты, 12 – миоцен, 13 – плиоцен, 14 – четвертичная система; 15–22 – породы: 15 – граниты, 16 – глины, 17 – песчаники, 18 – пески, 19 – мел, 20 – мергель, 21 – известковистые глины, 22 – суглинки.

Приложение 3

Фациальная карта аптского времени. Фациальные обстановки [Крайнов, 2016]: 1–4 – континентальные (коричневым – возвышенная аллювиальная равнина, желтым – низовья аллювиальной равнины): 1 – озерно-болотная, 2 – аллювиальная русловая, 3 – аллювиальная нерасчлененная, 4 – аллювиальная пойменная и старичная; 5–7 – лагунно-морские, с активностью гидродинамических режимов: 5 – слабой, 6 – средней, 7 – высокой; 8 – прибрежно-морские с средней активностью гидродинамических режимов; 9–11 – мелководно-морские, с активностью гидродинамических режимов: 9 – слабой, 10 – средней, 11 – средней и высокой, с преобладанием средней. Породы: 12 – глины, 13 – пески крупно-, грубозернистые, 14 – пески от тонко- до среднезернистых, 15 – алевриты, 16 – углефицированные растительные остатки, 17 – глауконит, 18 – слюдистость. Полезные ископаемые: 19 – огнеупорные глины, 20 – тугоплавкие глины, 21 – титан-циркониевые россыпи. Месторождения и россыпи: Огнеупорные глины: 1 – Латненское, 2 – Криушанское; тугоплавкие глины: 3 – Большекарповское, 4 – Малокарповское (проявление), 5 – Касторенское (проявление), 6 – Малоархангельское, 7 – Лукошкинское, 8 – Чибисовское, 9 – Черкасские Дворики; 10–15 – Ti-Zr россыпи: 10 – Лев-Голстовская; 11 – Первомайская; 12 – Волчинская; 13 – Норовская; 14 – Захаровская; 15 – Дубовецкая. Условные на врезке: VA – озерно-болотная; VB – аллювиальная (нерасчлененная); VB1 – аллювиальная русловая; VB2 – аллювиальная пойменная и старичная; VB3 – аллювиальная пойменная фашии.





Предлагаемая схема минерагенического районирования для керамических глин листов N-37, M-37. Условные обозначения: 1 – зеленым – Малоархангельск–Воронежская минерагеническая зона; коричневым – Мамонская минерагеническая зона; 2 – минерагенические районы: I – Воронежский, II – Курско-Елецкий, III – Павловск-Калачский.