

На правах рукописи

ЗВОНАРЕВ Андрей Евгеньевич



**АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ МЕЛ-ПАЛЕОГЕНОВЫХ  
ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

Специальность 25.00.06 — Литология

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Воронеж - 2004

Работа выполнена в Воронежском государственном университете

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Савко Аркадий Дмитриевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук  
Окнова Нина Сергеевна  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Шевырев Леонид Тихонович


Ведущая организация: открытое акционерное общество  
"Липецкгеология"

Защита состоится "29" июня 2004 г. в 16<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.038.09 при Воронежском государственном университете по адресу: 394006, г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 203.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского государственного университета

Автореферат разослан 27 мая 2004 года

Ученый секретарь диссертационного совета

 Бугреева М.Н.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. С мел-палеогеновыми отложениями связаны месторождения и проявления циркон-титановых россыпей, изучением которых занимались в середине прошлого столетия Н.П. Хожайнов, В.А. Беляев, А.Д. Савко, С.А Коваль, В.К. Бартенов и другие исследователи. Однако появившиеся с тех пор новые данные, в том числе обнаружение мелких алмазов и их минералов спутников на всей территории антеклизы, заставляет по новому взглянуть на имеющиеся теоретические представления о распределении ассоциаций тяжелых минералов по площади, об источниках сноса и типоморфных особенностях акцессориев, закономерностях формирования их повышенных концентраций, возможностях использования в алмазописковой геологии.

Благоприятной почвой для переосмысления воззрений на терригенную минералогию мезокайнозоя Воронежской антеклизы, существовавших с середины прошлого века, является появление к началу третьего тысячелетия ряда разработок по физико-химическим свойствам и поведению минералов тяжелой фракции при седиментогенезе и других процессах в осадочных породах на всех стадиях их формирования (Н.С. Окнова, 1984, М.Г. Бергер, 1986).

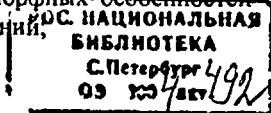
Изучение терригенно-минеральных ассоциаций мел-палеогеновых отложений данной территории, залегающих на разновозрастных породах, представляет особый интерес для установления промежуточных коллекторов, эволюционирующих во времени, источников сноса, влияние которых может проявляться на всех стратиграфических уровнях. Своевременность и актуальность проведенных исследований подчеркивается также и тем, что на основе большого объема фактического материала по вещественному составу терригенных отложений мел-палеогенового времени автором построены карты распределения акцессорных минералов для пород различных стратиграфических подразделений, что позволяет уточнить, а порой и выявить источники сноса, области транзита, районы образования титан-циркониевых россыпей.

Цель и задачи работ. Основной целью настоящей работы является характеристика, установление особенностей распределения ассоциаций тяжелых минералов, источников их сноса и условий локализации в мел-палеогеновых отложениях Воронежской антеклизы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1 - на основе имеющихся фондовых и собственных материалов выявить распределение ассоциаций минералов тяжелой фракции по разрезу и площади отложений основных стратиграфических подразделений меловой и палеогеновой систем;

2 - дать характеристику состава и ~~типоморфных особенностей~~ основных тяжелых минералов мел-палеогеновых отложений,



3 - выявить источники сноса обломочного материала, их смену во времени, зоны наибольшего воздействия локальных источников сноса на состав аксессуаров из различных районов;

4 - установить основные факторы формирования и локализации тяжелых минералов в мел-палеогеновых отложениях.

Научная новизна работы. Впервые составлены карты распределения минеральных ассоциаций тяжелых минералов и выделены терригенно-минералогические районы мел-палеогеновых отложений Воронежской антеклизы, выявлены типоморфные особенности основных аксессуаров, показана роль различных источников сноса для образований всех мел-палеогеновых стратиграфических подразделений. Проанализирована роль каждого из основных факторов формирования, показано, что ведущими в локализации тяжелых минералов являются гидродинамический и состав пород в источниках сноса.

Практическая значимость работы. Составленные автором карты могут быть использованы для выделения отложений отдельных стратиграфических подразделений мел-палеогенового возраста, благоприятных для формирования титан-циркониевых россыпей, установления особенностей их минерального состава, что позволяет прогнозировать наличие площадей развития алмазоносного магматизма.

Публикации и апробация работы. результаты диссертационной работы докладывались на Литологическом совещании «Литология и полезные ископаемые Центральной России», г. Воронеж, 2000г.; на XII Международном совещании по геологии россыпей и месторождений кор выветривания г. Москва, 2000г.; на научной межведомственной конференции «Геологические, геофизические и геохимические исследования юго-востока Русской плиты», г. Саратов, 2001; на III Международном минералогическом семинаре «Новые идеи и концепции в минералогии», г. Сыктывкар, 2002 г.; на Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы геологии Европейской России», г. Саратов, 2002г., на международной научно-практической конференции, «Полезные ископаемые Беларуси: геология месторождений и рациональное недропользование», г. Минск, 2003 г. а также на ежегодных научных сессиях ВГУ (1999 - 2003 г.). Основные положения диссертации освещены в 15 опубликованных работах.

Фактический материал. Исследования автора, положенные в основу работы, получены в процессе проведения полевых работ (1997-2003 г.г.) при изучении более чем 250 разрезов в связи с выполнением ВГУ комплексных работ по оценке осадочного чехла Воронежской антеклизы на золото, алмазы и другие полезные виды сырья. Кроме того, для построения карт использовались данные минералогических анализов из фондовых и опубликованных материалов. Для решения поставленных задач при изучении минералогического состава использовался комплекс методов. Выполнено и использована в работе более 3000 иммерсионных минералогических анализов, в том числе более, 300 авторских, 155 рентгеновских микророндировании, 30 рентгенодифрактометрических анализов.

Объем и структура работы. диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы, включающего 136 наименований. Содержит 231 страниц, текстовые приложения представлены 32 таблицами и 38 рисунками.

Исследования по теме диссертации проводились во время обучения в аспирантуре при кафедре исторической геологии и палеонтологии ВГУ. При выполнении и написании работы автор тесно сотрудничал с преподавателями геологического факультета, особенно с кафедрой исторической геологии и палеонтологии, а также с научными сотрудниками Проблемной лаборатории геологии и полезных ископаемых ЦЧР. Автор неоднократно пользовался советами, консультациями и помощью А.Ю. Альбекова, А.А. Арабцева, В.К. Бартенева, В.И. Беляева, В.А. Бурляева, В.Н. Бурыкина, Д.А. Дмитриева, О.Н. Евдокимова, А.В. Жабина, А.М. Золототрубовой, Д.А. Иванова, В.В. Ильяша, С.А. Ковалья, И.П. Лебедева, В.В. Лоскутова, С.В. Мануковского, А.И. Мизина, А.В. Черешинского, Н.М. Чернышева, А.Н. Плаксенко, М.Г. Раскатовой, В.Ю. Ратникова, В.В. Серегиной, В.И. Сиротина, Г.В. Холмового, Л.Т. Шевырева, В.Г. Шпуль, А.В. Шишова, за что автор им всем благодарен.

Автор выражает свою признательность зам. начальнику Главного управления МПР России по Липецкой области В.В. Андреевкову, а также геологам предприятия Воронежского рудоуправления В.В. Горюшкину и В.П. Михину за предоставление фактического материала и возможности проведения полевых работ. Особую благодарность диссертант выражает своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору А.Д. Савко.

Первые три главы диссертационной работы являются общими. В них рассматривается геология района, история изучения акцессорных минералов в мел-палеогеновых отложениях и методика исследований.

Интерес к акцессорной минералогии осадочного чехла Воронежской-антеклизы появился в середине прошлого столетия в связи с открытием разновозрастных россыпей областей Черноземья. Первые выводы по основным закономерностям распределения минералов в них сделали Н.П. Хожайнов, В.И. Беляев, Н.Н. Иконников, В.А. Блинов, И.Е. Секретарев, А.А. Жуковский, Ю.Г. Стоянов, А.Д. Савко, С.А. Коваль, А.П. Кузнецев. Со времен первых исследований В.П. Батурина по минералогии осадков следующим существенным событием в истории изучения минералогии осадочного чехла Русской платформы, стал ряд работ В.А. Гроссгейма и Н.С. Окновой, явившихся ориентиром для исследователей отдельных регионов, в том числе Воронежской антеклизы. В этих работах впервые обобщается весь фактический материал по распределению терригенных компонентов осадочного чехла Европейской части СССР по двадцати стратиграфическим уровням с составлением карт распространения минералов в масштабе 1:10 000 000 и выявлением главных закономерностей в смене минералов по площади и эволюции их ассоциаций во времени. В последнее время в рамках поисковых работ на золото, а затем возобновившихся работ по оценке территории на алмазы, начали появляться публикации, содержащие результаты прецезионных

видов анализов минералов-спутников алмаза и золота. В работе В.К. Бартенева и А.Д. Савко [2001] приведен богатый фактический материал по минералогии аксессуаров с некоторыми закономерностями их распределения по отдельным стратиграфическим подразделениям отложений палеогена.

В методическом разделе рассматривается выбор оптимального размера анализируемой фракции. Основываясь на опыте исследований А.А. Жуковского девонских отложений, В.К. Бартенева образований палеогена, рекомендаций С.А. Ковалева, Н.С. Окновой, а также данных исследований Н.П. Хожайнова и В.И. Беляева отложений меловой системы, нами изучались две размерные фракции каждой пробы - 0,05 - 0,1 и 0,1-0,25 мм. В отдельных пробах исследовались контрольные фракции 0,25-0,315 и 0,01-0,05 мм. Затем производился пересчет содержаний минералов на прозрачную и непрозрачную фракции, с усреднением групп прозрачных из дробных размерных фракций на 0,05-0,25 мм.

Для подтверждения правомочности рекомендаций и собственной визуальной оценки сопоставимости содержаний минералов в одноименных фракциях различных пород и, учитывая то, что среди терригенных мел-палеогеновых отложений преобладающими являются пески, нами произведена проверка гипотезы о равенстве средних значений с помощью критерия Стьюдента для аптских песков различной зернистости. Расчеты показали, что содержания минералов в каждой из фракций существенно не зависят от типа пород, что позволяет получить сравнимые результаты, которые можно было бы использовать для исследования распределения терригенно-минералогических ассоциаций по площади. Наиболее удобна для этого фракция 0,1-0,05 мм, которая содержится практически во всех терригенных породах (за исключением тонкодисперсных глин).

Наименьшие различия между значениями минералов приходятся на размерность, близкую к 0,1 мм. Кроме того, известно, что по мере увеличения вариаций значений для отдельных минералов в краевых фракциях уменьшается выход последних. К тому же различия в количествах минералов в мелкопесчаной и крупноалевритовой фракциях менее существенны. Установлено, что независимо от гранулометрического состава пород наибольшие содержания выходов тяжелой фракции приходятся на размерность 0,16 - 0,063 мм. Построенные нами карты распределения минералов в аптских отложениях для разных размерных фракций - 0,02-0,1 мм; 0,1-0,25 мм; >0,25 мм на экспериментальном участке северного склона Воронежской антеклизы показали общую сопоставимость характера площадного распределения минералов независимо от их размерности. Можно констатировать, что результаты минералогических определений во фракции 0,25-0,05 мм, являющейся суммарной от фракций 0,25-0,1 и 0,1-0,05 мм, должны быть сопоставимы независимо от гранулометрического состава пород.

В соответствии с методикой по составлению карт, предложенной Н.С. Окновой и др [1984] результаты минералогических исследований обломочных пород использовались как для построения карт распределения средних содержаний отдельных минералов, их групп, так и всевозможных

минералогических коэффициентов (парных отношений). При этом средние значения выводились с учетом различий в мощностях отложений в разрезе и их минералогическими особенностями в отдельных интервалах опробования. Для пересчета статистических параметров (среднего, дисперсии, стандартного отклонения, коэффициентов Стьюдента и Фишера), парной корреляции и построения карт были использованы программа «Microsoft Excel», «Statist 6.0», «Surfer», «Mapinfo 7.0».

Составление карт терригенно-минералогических районов производилось на основании непосредственного сравнения среднего минералогического состава терригенных пород в отдельных разрезах. Каждый район в сопоставлении с соседними для него обосновывался статистически, с подсчетом среднего значения для каждого и расчета коэффициентов Фишера и Стьюдента. При проведении границ терригенно-минералогических районов учитывались соотношения фациальных зон соответствующих литолого-фациальных карт и схемы минералогических ассоциаций пелитовой составляющей. Для оценки роли пород ВКМ, как первоначального источника для осадочных пород антеклизы, был обобщен материал по акцессорной минералогии пород фундамента.

Одновременно с количественными минералогическими исследованиями был произведен анализ типоморфных особенностей ведущих минералов, главным образом, циркона, рутила, из группы непрозрачных - лейкоксена. Для каждого из них выделялись определенные признаки, выраженные качественно и количественно, и отражающие как условия существования минералов в седиментационной среде, так и особенности материнских пород, в том числе и из вторичных коллекторов. Наиболее хорошо изучен циркон, идентификация признаков для которого, прежде всего в породах апта, явилась наиболее доступной в силу его высокой устойчивости. Для других минералов - граната, ставролита, эпидота, ильменита - ведущим признаком, на основе которого была установлена связь исследованных осадочных образований с породами источников, явился их химический состав.

#### Обоснование защищаемых положений

Автором защищается четыре положения. Первое из них изложено в четвертой главе, второе — в пятой, третье — в шестой, четвертое — в седьмой.

***1. Терригенно-минералогическое районирование алевро-песчаных отложений мела показало, что состав ассоциаций акцессорных минералов определяется сносом материала с Воронежско-Ставропольского свода на юге, частично из местных источников и гидродинамической активностью водной среды, обусловленной фациальной обстановкой и рельефом дна морского бассейна. Появление в некоторых районах заметных количеств неустойчивых минералов может свидетельствовать о проявлении эндогенных процессов в отдельные интервалы времени.***

Значительная часть предмеловой поверхности сложена породами юрской системы. Преобладающими являются переслаивающиеся в разных соотношениях глины, алевроиты и пески келловейского яруса, распространенные на крайнем северо-востоке, и титонского - на юго-западе и западе. Терригенные отложения карбона обрамляют антеклизу с юго-запада и узкой полосой с юга и крайнего юго-востока. В восточной и юго-восточной частях развито поле терригенного девона, составляющего около 20% всей предмеловой поверхности. Анализ схемы распространения основных ассоциаций тяжелых минералов разновозрастных отложений предмеловой поверхности показывает повышенные значения циркона в юго-западной и центральной частях территории. В отличие от турмалина, распространенного неравномерно по территории, ставролит тяготеет к центру антеклизы, а количества граната увеличиваются к юго-западу, западу и северо-востоку.

Минеральный состав тяжелой фракции терригенных пород и закономерности его изменения в разрезе и по площади устанавливаются на картах распространения минералов, их суммарных содержаний и терригенно-минералогических районов.

Валанжинский ярус. Породы валанжинского яруса характеризуются преобладанием в тяжелой фракции комплекса устойчивых минералов - циркона, рутила, дистена, турмалина. Количественные соотношения основных минералов отчетливо варьируют по площади с увеличением значений физически неустойчивых с запада на восток. Диапазон изменений средних значений самого распространенного минерала - циркона довольно значителен - от нескольких до 70% с нарастанием его содержаний с северо-востока на юго-запад. В распределении минералов группы дистена обнаруживается обратная закономерность. Содержания граната и эпидота увеличиваются к северо-западу и востоку-юго-востоку.

На основании особенностей распределения минералов по площади, группировки их по физико-химическим и гидродинамическим свойствам, а также с учетом минералогических коэффициентов, выделены 4 терригенно-минералогических района (ТМР), обусловленных существованием различных источников сноса. Сопоставление распределения минералов в отложениях валанжина по площади с таковым в домеловых породах к югу от эрозийной границы распространения дает повод говорить о прямой унаследованности состава первых от вторых с учетом возможных вариаций, возникших вследствие перераспределения материала под воздействием гидродинамики на осадок дна эпиконтинентального бассейна. Это проявляется в плавном нарастании количеств устойчивых минералов в направлении размывавшейся в то время коры выветривания по породам девона. Весь комплект составленных карт указывает на упрощение состава ассоциаций. Это обусловлено размывом выветрелых отложений южной суши и частичного сноса минералов с малым удельным весом и размером (эпидот и гранат) в более удаленные от берега зоны бассейна. Кроме того, наиболее сильно эпидот коррелируется со сфеном ( $R = +0,77$ ), а последний с неустойчивыми апатитом и амфиболом, что явно указывает на миграцию материала со стороны южного берега бассейна. На



источник с юга также указывает повышение значений ставролита - одного из основных компонентов юрских пород побережья бассейна валанжинского времени. В качестве дополнительного источника сноса на северо-западе вероятна россыпная зона яснополянского века юго-западного крыла Московской синеклизы и отложения батского яруса этого района. Об этом свидетельствует сходство состава сравниваемых объектов по повышенным содержаниям рутила, граната и эпидота в отложениях бата, а также нарастание содержания тяжелой фракции из пород валанжина Б северном направлении.

Готеривский и барремский ЯРУСЫ. Качественный состав аксессуарных минералов нерасчлененных ярусов практически не отличается от валанжинского и характеризуется увеличением содержания суммы прозрачных минералов в западном направлении с преобладанием устойчивых минералов: циркона, рутила, турмалина, ставролита, дистена и в некоторых частях территории - неустойчивого эпидота, а также ильменита к западу и северу территории. В тоже время, количественные соотношения названных минералов довольно резко изменяются по площади, что позволило выделить 6 ТМР, характеризующихся отличающимися терригенно-минералогическими ассоциациями и приуроченностью к определенным литолого-фациальным зонам по В.Н. Преображенской [1966].

Обращает на себя внимание сходство в характере распространения циркона отложений готерив - баррема, что указывает на предполагаемый континент к юго-западу и западу от территории. Об этом свидетельствует и увеличение содержания суммы устойчивых минералов к юго-западу антеклизы. Выявленная сильная положительная связь между турмалином, апатитом и гранатом, в зоне их максимумов к северо-востоку от г. Белгород и их сопоставимость с таковыми домеловых пород к юго-западу, указывает на явную унаследованность меловых ассоциаций от юрских.

Содержания рутила повышаются в центральных частях осевой зоны (до 40%), расширяющейся в северо-восточном направлении и вытягивающейся к северо-западу, что обусловлено концентрацией его в прибрежной зоне моря. Обратная картина в распределении суммы неустойчивых (гранат, эпидот, цоизит), для которых отмечается увеличение значений в северо-восточном направлении. Максимальные концентрации эпидота приурочены к северо-восточному склону Воронежской антеклизы, крайнему северо-западу, а также с несколько меньшими значениями содержания, локализованы в отдельных разрезах (до 37,5%) в ее центральной части. Увеличения содержания эпидота, сфена, амфибола и анатаза, связанных положительно в пределах северо-запада и северо-востока, указывают на формирование отложений в более глубоководной зоне. Подобное накопление гидродинамически неустойчивых с малыми размерами минералов в удаленных от берега участках морского бассейна объясняет наличие своеобразного эпидотового максимума на картах В.А. Гроссгейма [1972] в пределах склона Воронежской антеклизы и указывает на нее, как на дополнительный источник данного минерала, кроме считавшегося ранее северо-восточного. Наблюдаются повышенные значения содержания дистена в широкой зоне, вытянутой с северо-запада примерно от

долготы г. Карачев на юго-восток, несколько расширенной к северо-востоку антеклизы. Приуроченность дистен-ставролитовых максимумов к современной осевой зоне Воронежской антеклизы свидетельствует о перемычке юрских отложений, выходящих на предготеривскую поверхность с последующей дифференциацией поступившего в область осадконакопления вещества в пределах склонов конседиментационных поднятий.

Аптский ярус. По оксидам и гидроксооксидам железа выделена зона максимумов, меридионально вытянутая и пространственно совпадающая с полем развития юрской коры выветривания и находками зерен магматических пород на территории Липецкой области. Для аптских отложений ассоциации минералов характеризуются повышенными содержаниями устойчивых. Характерно увеличение содержания граната к востоку, юго-востоку и югу антеклизы и уменьшение к северу и западу практически до нуля. Противоположный характер распределения имеют рутил и ставролит, смена содержания которых по площади не столь резка. Характер распределения рутила в исследуемых отложениях, практически полностью наследуемый от такового из готерив - барремских отложений. Максимумы ставролита часто совпадают с таковыми для дистена, наибольшие количества которых приурочены к россыпной зоне апта на севере антеклизы. Распределения циркона в юго-западной части территории унаследовано от его распределения предшествующего времени, когда направление перемещения вещества было с юго-запада на северо-восток. Сходный по значимости южный источник, являвшийся поставщиком как для юго — восточной части антеклизы обнаруживается по увеличению в указанном направлении значений граната и эпидота. На влияние южной суши к северо-западу и северо-востоку указывает и увеличение содержания турмалина, характерного минерала каменноугольных отложений. Комплексный пересмотр особенностей распространения минералов в отдельности, суммарных значений и минералогических коэффициентов, использование литолого-фациальной карты аптского времени позволили выделить три основных минералогических района.

Альбский ярус. Как и в других нижнемеловых образованиях, в отложениях альбского яруса преобладают минералы устойчивых групп. Характер распространения ведущих минералов позволяет установить ряд районов, сложность выделения которых обусловлена наличием в этом бассейне направленных вдоль берега донных течений, действовавших с северо-запада на юго-восток и оказывавших усредняющий характер на минералогический состав тяжелой фракции кластитов в указанном направлении. Некоторая смена направления течений с субмеридионального на субширотный в пределах юго - западного крыла антеклизы, иллюстрируемая схемой В.АХроссгейма [1984]. находит свое отображение в распределении минералов, унаследованном от предшествующего времени привносе материала с юга и юго-запада на северо-восток, несколько менявшим общий характер массопереноса. Влияние юго-западного источника проявляется в плавном снижении суммарных значений циркона, рутила и турмалина, прежде всего первого, к северо-востоку до г Воронежя. Подобное отмечено и в северо-западной части территории, где

средние содержания циркона имеют максимальные значения. Для отложений территории с юга, вплоть до широты Воронежа, характерна - рутил-гранат-дистен-эпидот-цирконовая ассоциация, что указывающая на основной источник сноса на юге, где развиты терригенные отложения карбона и девона Воронежско-Ставропольского свода.

Сеноманский ярус. Тектоническая активность в конце раннемеловой эпохи на территории Воронежской антеклизы сменилась спокойным этапом развития в сеноманское время, когда формирование осадков происходило преимущественно в мелководно-морском бассейне со средней гидродинамикой и только на крайнем юге - в прибрежно-морской зоне.

Переотложение альбских образований практически на всей территории региона в сеноманское время не могло не сказаться на сходстве качественного, а зачастую и количественного состава акцессорных минералов отложений обоих ярусов по площади. Это подтверждается особенностями распределения весьма устойчивых минералов, и особенно для рутила, содержания которого нарастают с юга на север. В пределах рассматриваемой территории при относительно повышенных значениях содержания циркона выделяется несколько его максимумов, тяготеющих к центральной зоне, Павловскому выступу и восточной части. Сопоставление минералогических и литолого-фациальных карт сеномана позволяет увидеть совпадение участков развития фосфоритов и минералов с высокой гидродинамической устойчивостью в зонах с повышенной гидродинамической активностью вод. В некоторых участках антеклизы это распределение нарушается влиянием более древних источников, что выражается, в повышении значений турмалина.

На основании качественных и в большей мере количественных особенностей для отложений сеноманского яруса возможно выделение шести терригенно-минералогических районов. Появление повышенных количеств граната на северо-западе территории объясняется привносом его из образований нижнего мела и юры северо-восточного крыла ДДВ. Обогащение отложений юга территории весьма устойчивыми и неустойчивыми минералами объясняется поступлением их из перемывающихся альбских образований и выветрелых пород Южного массива.

Сантонский ярус. При изучении отложений сантонского яруса исследованию подверглись терригенно-карбонатные породы его краевых фаций. Сравнение особенностей распределения минералов в отложениях этого стратиграфического подразделения свидетельствует об унаследованности в сантонское время минералогических комплексов от отложений терригенного мела, в первую очередь сеноманских.

На это указывает состав прозрачной составляющей акцессориев сантонских отложений, в которой преобладают циркон, рутил и турмалин, распространенные к юго-востоку и северо-востоку от присводовой части антеклизы. Для рутила и турмалина характерно некоторое увеличение содержания к осевой линии антеклизы и аномальное в северо-восточной части для первого до 34%.

**2. Распределение терригенно-минералогических районов палеогенового времени свидетельствует о смене основного южного источника сноса, действовавшего в меловой период, на северный в палеогене, увеличении роли устойчивых минералов, упрощении состава тяжелой фракции и возросшем значении в их распределении гидродинамического фактора.**

Сумская свита Отложения сумской свиты, за исключением отдельных локальных участков в западных районах Курской и Белгородской областей, расположены в пределах юго-восточного склона антеклизы. Для образований свиты характерна богатая ассоциация минералов, среди которых ведущее значение имеют рутил, циркон и дистен. Повышенные суммарные значения циркон+рутил+турмалина и дистен+ставролит+силлиманита отмечаются к югу и северу от линии Павловск-Калач. По особенностям изоконцентраций "гидродинамических" групп устанавливается некоторая связь распределения минералов с рельефом предпалеогеновой поверхности. Наиболее отчетливо палеосклоны подчеркиваются максимумами суммы дистен+ставролит. Влияние конседиментационных поднятий допалеогенового рельефа к северо-востоку и северо-западу от г. Калач фиксируется по повышенным значениям группы минералов с низкой гидродинамической устойчивостью (турмалин, силлиманит), приуроченных к сопряженным с положительными отрицательным формам рельефа

Кроме действия северного и северо-западного источников на состав ассоциаций по совпадению особенностей распределения минералов в подстилающих породах и сумских отложениях устанавливается унаследование тектонических структур, непосредственно влиявших на формирование ассоциаций в истории развития юго-восточного склона антеклизы.

Каневская свита Особенностью распределения прозрачных минералов ее отложений является плавная смена содержаний различных групп минералов в широтном направлении. Особенности их распределения по площади, обусловленные сносом материала с территории, прилегающей с севера, и влиянием рельефа позволили выделить в пределах территории 3 ТМР. Ограничения их хорошо подчеркиваются Белгородско-Щигровским и Богучарско-Бутурлиновским уступами. Именно они стали решающими при формировании минералогических ассоциаций, что проявляется в вытянутости линий изоконцентраций минералов со средней и низкой гидродинамической устойчивостью в пределах территории, ограниченной Белгород-Валуйским и Обоянь-Богучарским уступами, с общим ростом значений содержаний к северо-востоку. На влияние отложений северной части антеклизы, прежде всего, сумских и меловых, указывает плавное увеличение устойчивых метаморфических минералов (дистен, ставролит, силлиманит) с юга-юго-запада на север-северо-восток, и весьма устойчивых, особенно, циркона (в Суджа Белгородской зоне до 45 %). Немаловажное значение имели подстилающие отложения, на что указывает аномальное повышение граната в южной и эпидота в западной (до 36%) частях.

Бучакская свита. В отличие от каневского, в бучакское время на особенности осадконакопления повлияло погружение окраинных частей поперечного

Воронежско-Щигровско-Кантемировского поднятия, определившего количественные вариации минералов. Наиболее наглядно это проявляется в пределах западных и восточных участков, совпадающих с крыльями поднятия, по которым поступал зрелый материал с севера на юг по сформировавшимся пониженным участкам бассейна. Это проявилось в увеличении содержаний весьма устойчивых минералов (циркон-рутил-турмалин) для северных частей региона, при наибольшей значимости циркона, а в южных - устойчивых к выветриванию метаморфических минералов.

Киевская свита Породы киевской свиты распространены в пределах всей южной части Воронежской антеклизы, включая Воронежско-Щигровско-Кантемировское поднятие, отложения которого, прежде всего бучакской свиты и верхнемеловые, являлись определяющими при формировании минеральных ассоциаций отложений киевской свиты, что отражено в подобию характера распределения минералов и их групп. Оно выражается в закономерной смене зон развития максимумов с севера на юг в ряду групп минералов от весьма устойчивых, через устойчивые метаморфические, до неустойчивых и промежуточных. В северном направлении устанавливается влияние образований готерив-барремского и аптского ярусов по сходству максимумов граната и циркона в пределах полосы Воронеж-Эртиль. Подобные особенности позволили выделить 3 ТМР.

Харьковская свита Минералогический состав акцессориев ее отложений не претерпевает существенных качественных изменений и в большей мере определяется составом размывавшихся киевских и других образований северной части региона. По количественным вариациям соотношений минералов выделено 4 ТМР. Эти вариации обусловлены гидродинамикой среды в пределах унаследованного рельефа. К отрицательным формам в пределах участков к северо-западу от г. Белгород, Валуйки, Купянск, зоны Калач-Бобров приурочены повышенные содержания силлиманита и турмалина. Минералы со средней гидродинамической устойчивостью тяготеют к выположенным шельфовым участкам. Повышенная интенсивность северного сноса фиксируется увеличением весьма устойчивых минералов в северном направлении с некоторым расширением площади развития их максимумов к юго-западу и юго-востоку от центральной части антеклизы. Установлены увеличения содержаний циркона и рутила к юго-востоку от линии г. Воронеж - Валуйки, указывающие на влияние в качестве источника для харьковских отложений «зрелых» нижнемеловых образований сводовой части Воронежской антеклизы. Кроме того, по пространственному сопоставлению максимумов граната и эпидота харьковской свиты с таковыми из киевских отложений устанавливаются локальные источники материала от района г. Белгорода в западном и от г. Острогожска - в юго-западном и юго-восточном направлениях.

Полтавская серия. Ее отложения характеризуются увеличением содержаний весьма устойчивых минералов. По повышенным содержаниям минералов с низкой и средней гидродинамической устойчивостью, оконтуривающих площади максимумами содержаний минералов с высокой устойчивостью, как и на предыдущих этапах развития, определяющее значение при формировании

ассоциаций имело Воронежско-Щигровско-Кантемировское поднятие. Несмотря на простоту минералогического состава тяжелой фракции отложений полтавской серии, в пределах территории по различиям в содержаниях минералов и их групп возможно выделение 5 ТМР. Основным источником сноса находился на северо-востоке. Поступавший в бассейн седиментации материал в условиях периодически меняющейся, но в целом близкой к средней гидродинамической активности среды, на склонах поднятия подвергался дифференциации по удельному весу.

В целом для палеогена установлены преобладающие северо-западный и северо-восточный источники сноса акцессориев, местные локальные сыграли подчиненную роль. Значительное влияние на состав акцессорных комплексов пород серии оказывала гидродинамическая - активность водной среды в пределах тектонических структур III-IV порядков, слагавших подводный рельеф.

***3. Исследование состава морфологических и химических особенностей акцессориев мел-палеогенового возраста и наличие значительного количества типоморфных разновидностей наиболее распространенных минералов тяжелой фракции позволило установить их унаследованность из различных типов докембрийских пород и промежуточных коллекторов Воронежской антеклизы.***

В процессе работ исследован 21 минерал тяжелой фракции.

*Ильменит* - наиболее распространённый минерал непрозрачной составляющей тяжелой фракции исследованных отложений с размерностью зерен 0,2 - 0,05 мм (реже до 0,4 мм). Его цвет меняется от железо-чёрного, буровато-чёрного у сильно лейкоксенизированного ильменита до бурого. По химическому составу среди ильменитов выделено три основных типа, установленные в отложениях всех исследованных стратиграфических подразделений.. Ведущее значение имеют минералы с ильменитовой компонентой, варьирующей от 88 до 98%. Они сопоставимы с таковыми из отложений карбона и девона юга Воронежской антеклизы. Вторая разновидность, обогащенная гематитовой составляющей (FeO - 43,74%), содержится в породах в меньших количествах и по химическому составу сходна с ильменитами мамонской толщи и эпидот-роговообманковых плагиогнейсов воронцовской серии. Третий тип (пикроильменит), выделенный по существенной примеси гейкелитовой составляющей, в среднем - 21%, и с содержанием MgO - 6,43% по химическому составу аналогичен с таковыми из сероцветов верхнедевонского комплекса юга территории.

*Лейкоксен* присутствует практически во всех меловых и палеогеновых отложениях. Окраска минерала в отложениях района характеризуется небольшим набором цветовых вариаций, при преобладании светлых разновидностей.

*Рутил* отмечается для отложений всех подразделений с приблизительно одинаковым содержанием основных форм, среди которых призматические составляют 42-57%, неправильные 35-55%. Доля вытянутых и коленчатых призматических кристаллов незначительна. По цвету выделено 6

разновидностей рутилов. Наиболее распространенными являются золотисто-желтый (28-61%) и красный с красно-коричневым (28-53%). Реже отмечаются коричнево-бурые, а также почти черные рутилы с черной окраской, до нигрина.

*Магнетит* представлен неправильными блестящими мелкими зернами черного цвета, с рваными краями. Отмечается присутствие вюстита, диагностирующегося по рефлексу 2,42 А.

*Гидроксиды и оксиды железа* по данным рентгеновского анализа представлены преимущественно гетитом и гидрогетитом. Чаще всего они представлены в виде корковидных, пористых и землистых образований, оолитов, конкреций, обломков с натёчной формой, а также в различной степени окатанных зёрен. В пределах юга-юго-запада Липецкой области, в отложениях нижнего мела, установлены значительные содержания (до 50%) коркообразных разновидностей соединений железа с поверхностью оплавленного облика.

*Хромитинелиды* в виде единичных знаков выявляются повсеместно и представлены правильными или искаженными октаэдрами и их обломками, размером около 0,12 мм. Наблюдаются неокатанные разновидности с прекрасно образованными ребрами и вершинами, блестящими гладкими гранями. По составу минералы отвечают титаномагнетиту, связанному с породами габбро-протексенит-дунитовой формации и магнезиохромиту, попадающему на диаграмме Н.В.Соболева в поле катаклазированных дунитов.

*Циркон* - наиболее распространенный минерал прозрачной составляющей. Более детально он исследован в отложениях аптского яруса. Подавляющее большинство зерен сконцентрировано во фракциях 0,01-0,05; 0,05-0,063 мм. Зерна с размерами до 0,4 мм отмечены лишь в единичных точках отложений апта на западе и для сеномана на юге в районе г. Павловска. Это находит свое объяснение в первоначальных размерах циркона в кристаллических породах ВКМ (0,1 - 0,01 мм), редко до 0,4 мм, характерных для девонских туфов, туффитов юго-востока антеклизы, плагиоклазовых перидотитов и некоторых других пород. Соотношения координационных параметров варьируются в широких пределах. Форма цирконов для исследованных отложений разнообразна и образована, как правило, комбинацией призм {НО}, {100} и дипирамид {111}, реже {311}. Несмотря на большое разнообразие форм кристаллов, обусловленных неодинаковой степенью развития различных граней, иногда нечетко сочлененных призм и пирамид, возможно выделение 6 ведущих морфологических типов в соответствии с классификацией А.А. Кухаренко: / - «*цирконовый*» *морфологический тип* является наиболее распространенным. Кристаллы его значительно удлинены по тетрагональной призме {110} или {100}, преимущественно в сочетании с гранями тупых дипирамид, чаще одного индекса {111}. Цирконы бесцветные или бледно окрашены с розоватым оттенком. В данном типе выделяются уплощенно-призматические, зачастую асимметричные. Кристаллам свойственно повышенное содержание минеральных и газовых включений, по рудным и графитовым разновидностям которых прослеживается сходство цирконов апта юго-запада Воронежской антеклизы и железисто-кремнисто-сланцевой формации курской серии;

2 - «копьевидный» морфологический тип. Определяющим его признаком является острая дипирамида. Кристаллы имеют разное удлинение с преобладанием длиннопризматических и даже игольчатых индивидов. Они присутствуют как среди нормальных, так и метамиктных разновидностей. По окраске доминируют абсолютно бесцветные, реже бледно окрашенные желтоватые или беловатые разновидности. Чаще они исключительно прозрачные, с алмазным блеском. Зоны призмы и дипирамиды сложные с присутствием граней различных индексов;

3 - *изометричный тип, как и выше описанный*, в отложениях мел-палеогена, представлен единичными зернами. Кристаллы преимущественно бесцветные, сложноогранные с одинаково развитыми гранями призмы и дипирамиды различных индексов;

4 - «*гиацинтовый*» тип, характеризующийся более уплощенной призмой, чаще асимметричный;

5 - *дипирамидальный тип* характеризуется преобладающим развитием граней основной дипирамиды {111} в комбинации со слабо проявленными гранями {110}, с характерной бледно розовой, розовато-молочно-белой окраской. Грани блестящие гладкие, иногда с фигурками травления. Цирконы этого типа присутствуют неповсеместно и в единичных зернах, прежде всего в отложениях апта центральной части антеклизы;

6 - *удлиненно-призматический тип*, с кристаллами шестоватого облика, характерными для жильных пород ранних генераций лейкократовых норитов. Характерен преимущественно для отложений апта севера антеклизы.

*Окатанные*, но сохранившие свою первоначально удлиненную форму, цирконы чаще всего мутноватые, непрозрачные или полупрозрачные. Установлено неравномерное распределение степени окатанности зерен по площади, увеличение более окатанных форм цирконов для песков зон россыпей, где степень окатанности возрастает по мере их омоложения. Заметные содержания с практически неокатанными формами выявлены в районах влияния более древних образований, вплоть до докембрийских: юго-западный склон Воронежской антеклизы, г. Старый Оскол, север Липецкой и юго-восток Орловской областей, Павловское поднятие. По соотношению главных компонентов исследованных цирконов (Zr, Si и Hf) была установлена приуроченность их на петрогенетических диаграммах к полю метаосадочных цирконов, что объясняется их проработкой в гипергенезе и, как следствие, уничтожением первичного состава (генетического кода).

Сопоставление вышеописанных «признаков» цирконов меловых и палеогеновых пород с признаками цирконов из пород ВКМ (метаморфических гранитоидов, grano-сиенитов, жильных образований основных и частично вулканогенно-осадочных), а также отложений палеозоя, позволило, в первом приближении, обосновать суждение об основных предполагаемых источниках сноса при формировании рассматриваемых отложений.

*Ставролит* - представлен обломками неправильной формы с зазубренными гранями, а также в форме угловато-окатанных, реже окатанных зёрен. Цвет его желтый с различными по насыщенности оттенками, вплоть до буровато-



коричневого. По химическому составу с устойчивыми статистическими параметрами ставролит нижнего мела и палеоцена сопоставим с таковыми из высоко метаморфизованных гнейсов ВКМ.

*Турмалин* - как и силлиманит проявляет почти аналогичную тенденцию концентрации во фракции 0,1-0,16 мм и иногда 0,01-0,05 мм для игольчатых форм кристаллов. Большинство зерен имеет призматическую форму, реже неправильную и округло-изометрическую. По цветовой окраске выделяются коричнево-бурые, чёрно-коричневые - шерл, и светло-коричневый - дравит, процентное соотношение которого составляет 60-90 %.

*Гранат* чаще представлен неправильно-угловатыми до угловато-окатанными, полуокатанными и хорошо окатанными зерен бледно-розового, розового, оранжево-красного или оранжевого цветов. Фиолетовые оттенки для единичных пиропов обусловлены вариациями содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  от 1,52 до 10,7%. Детальное исследование химического состава гранатов показало, что основной разновидностью являются минералы альмандинового ряда. На основании минеральных вариаций выделено 12 групп: гроссуляр (11%)-пироповый (73%), пироп (19%)-альмандиновый (77%), пироп (13%)-гроссуляр (24%)-альмандин (56%), гроссуляр (12%)-пироп (25%)-альмандин (51%), спессартин (12%)-гроссуляр (25%) -альмандин (52%), гроссуляр (27%)-альмандин (59%), гроссуляр (12%)-альмандин (24%)-спессартиновый (50%), спессартин (27%)-альмандин (62%), спессартин (12%)-пироп (17%)-альмандин (63%), гроссуляр (10%)-спессартин (15%)-пироп (27%)-альмандин (38%), пироп (13%)-гроссуляр (16%)-спессартиновый (67%), спессартиновый (80%). По составу меловые и палеогеновые гранаты осадочного чехла Воронежской антеклизы близки к метаморфическим гранатам пород ВКМ (гранулиты, метапелиты и отложения палеозоя).

*Кванит* наблюдается в виде удлинённых, нередко прямоугольных зёрен, а также обломочных частиц, с сохранением морфологических особенностей (дошатая или удлинённо-пластинчатая форма).

*Силлиманит* встречается в виде бесцветных прозрачных достаточно хорошо окатанных удлинённых зерен призматического облика или их обломков, чаще с продольной полосчатостью.

*Эпидот* представлен в виде угловатых, угловато-окатанных и хорошо окатанных слабо окрашенных зерен, в тонких разновидностях - бесцветных. Размерность их варьируется от 0,05 мм в отложениях глубоководных фаций до 0,8 мм в мелководноморских зонах морей мелового и палеогенового периодов. По данным рентгеноспектрального анализа представлен клиноцоизитом, с содержанием этого минерала от 69 до 91%. Сравнимы средние значения химических составов изученного эпидота с таковыми из пород лосевской серии (эпидот - роговообманковые плагиогнейсы, зеленые сланцы, метапсаммиты).

*Шпинель* представлена в виде идиоморфных и субидиоморфных размером от 0,1 до 0,4 мм октаэдрических кристаллов, реже в виде обломков или неправильных зёрен разнообразных по окраске.

*Апатит* наблюдается в виде коротко- и длиннопризматических (до игольчатых) кристаллов и от угловатых до окатанных обломков.

*Барит* встречается в виде таблитчатых, дипирамидально-призматических кристаллов, их обломков. Окрашен в белый, желтоватый или розовый цвета.

*Амфиболы* представлены шестоватыми, иногда удлиненными обломками кристаллов и неправильными угловатыми зернами.

*Корунд* отмечается в неправильных угловатых зернах, а также в пластинчатых хорошо образованных многогранниках, интенсивно окрашенных в сиреневато-розовый, малиновый и синий цвета.

*Интерметаллиды* чаще всего, обладают неправильными формами и своеобразным составом.

*Муассанит* - редкий минерал. Встречен в виде остроугольных уплощенных осколков и обломков синих и зеленых оттенков, с сильным алмазным блеском. Зерна чистые без следов окатанности.

*Алмаз* наименее распространенный минерал осадочного чехла Воронежской антеклизы. На данный момент выявлено около 550 зерен. Преобладающая размерность их - 0,15-0,26 мм, в редких случаях 0,34 мм. По комплексу ведущих признаков (габитусу, морфологическим типам кристаллов, двойникам-сросткам, скульптурам травления, прозрачности и окраске, сохранности (целостности), трещиноватости и характеру сколов) выделено четыре генетических типа алмаза: 1 - кимберлит-лампроитовый, 2 - метаморфогенный, характерный для эклогитов и гнейсов Казахстана, для некоторых типов ксенолитов атмосоносных дистеновых и корундовых эклогитов, гроспидитов из кимберлитовых трубок (Удачная, Сыгыканская, Юбилейная), 3 - предположительно метаморфогенный близкий по своим свойствам к бразильским карбонадо невыясненного генезиса (без примеси гексагональной модификации углерода - лонсдейлита); 4 - ударно-метаморфогенный импактного генезиса - текстурированные поликристаллы типа "карбонадо" ("якутит") с примесью (5-50 и более %) лонсдейлита (гексагональной модификации углерода - параморфозы по графиту).

Выявленные типоморфные особенности основных акцессорных минералов мел-палеогеновых терригенных пород указывают на то, что породы ВКМ, в качестве источника сноса имели большое значение для осадочных отложений Воронежской антеклизы. Акцессорные минералы из промежуточных коллекторов поступали во все более молодые образования на протяжении всего фанерозоя.

*4. Анализ факторов формирования ассоциаций тяжелых минералов показал, что ведущими являются: 1- тектонический, определяющий распределение областей сноса, в том числе локальных, гидродинамический режим осадконакопления в зависимости от рельефа морского дна, 2- петрофонд источников сноса, ответственный за качественный состав акцессориев, 3-эволюционный, выраженный в увеличении со временем количества устойчивых минералов.*

В процессе эволюции геологического развития антеклизы на формирование минералогических ассоциаций действовали многочисленные геологические

факторы. При определенной синхронности вклад каждого из них на процессы формирования ассоциаций минералов тяжелой фракции на разных этапах и подэтапах развития антеклизы отличался.

*Тектонический* фактор определил формирование и смену источников сноса вещества как в региональном, так и локальном планах, что явилось причиной появления мелких источников и распределения минералов в пределах дна морских бассейнов. Соотношения отдельных минералов и их ассоциаций в отложениях стратиграфических подразделений, прослеженные с раннего мела до палеогена, позволяют установить разноранговый структурный контроль формирований количественного и качественного состава ассоциаций тяжелых минералов.

Сопоставление отдельных карт групп минералов по гидродинамической устойчивости рассматриваемых подразделений с картами современного рельефа предваланджин - аптекой, предпалеогеновой поверхностями, а также с рядом палеогеоморфологических и тектонических схем отдельных временных отрезков, указывает на приуроченность минералов с высокой гидродинамической устойчивостью к структурам третьего порядка. Примером является Орловско-Ливненская терраса в северо-западной части антеклизы, зона сочленения которой с Дмитровско-Щигровским перегибом моноклинали пространственно сопоставима с границами отдельных терригенно-минералогических районов альбского и сеноманского ярусов. В палеогене по соответствующим комплексам тяжелых минералов отчетливо проявляются Воронежско-Щигровско-Кантемировская и Калачеевская структуры, получившие минералогическое отражение еще в раннем мелу в виде Репьевско-Острогожского поднятия и Калачского плато.

Немаловажным при формировании ТМА является *исходный состав источников сноса*. В истории Воронежской антеклизы в рамках исследуемого интервала времени влияние данного фактора представлено источниками трех типов: 1 - площади этой структуры, непокрытые морским бассейном, 2 - удаленные районы и провинции, сопредельные с антеклизой и 3 - ограниченные локальные участки в ее пределах. Действие всех типов источников контролировалось тектоническими процессами, обуславливавшими распределение областей размыва и осадконакопления в пределах антеклизы и на сопредельных территориях. Последняя, как питающая провинция, выявляется по пространственной сопоставимости распределения ассоциаций минералов с комплексом акцессориев образований домеловой поверхности, а для палеогена - меловых отложений севера антеклизы. Установленное сходство ассоциаций, при некотором учете действия иных факторов объясняется неоднократным рециклингом с вертикальным наследованием минеральных комплексов по разрезу, вплоть до верхнего мела. Поскольку отложения формировались преимущественно в пределах эпиконтинентальных морей, то акцессорные минералы из подстилающих пород в пределах отдельных терригенно-минералогических районов наследовались в перекрывающих образованиях от одного стратиграфического интервала к другому.

*Седиментационные свойства минералов.* Основными свойствами, контролирующими распределение минералов в отложениях стратиграфических подразделений мела и палеогена Воронежской антеклизы, являются удельный вес, форма, устойчивость и размерность аксессуаров. Еще М.Г. Бергером [1986] было подмечено, что особенности поведения большинства тяжелых минералов в осадочном процессе, как правило, зависят в основном от их физико-химической и гидродинамической устойчивости. Разработанная нами классификация терригенных минералов в трансформированном виде предлагается для аксессуаров тяжелой фракции осадочных образований Воронежской антеклизы. Принятое условное разделение минералов объективно отражает действительные различия между ними. При составлении классификации учитывались вариации свойств многих минералов, что нашло свое отражение в присутствии отдельных видов в нескольких группах, обусловленных вариацией их химического состава и физических свойств. Данные по плотностным и морфологическим особенностям интерметаллидов, известные для отложений Воронежской антеклизы, наравне с золотом, отнесенным М.Г. Бергером [1986] по классификационной таблице к группе весьма гидродинамически устойчивых из-за их малых размеров и листоватости, позволяют условно причислить их к группе минералов со средней гидродинамической устойчивостью. Размерность всех тяжелых минералов определяется их исходным размером в кристаллических породах ВКМ и в среднем варьирует в пределах от 0,01 до 0,315 мм. Функционально ее колебания для всех тяжелых минералов подчинены изменению гранулярного состава, контролируемого прочими факторами.

В условиях повышенной активности динамики среды в пределах участков, приближенных к прибрежной части, происходила концентрация минералов с наибольшей плотностью. Очень наглядно влияние *гидродинамического фактора* установлено для аптского яруса в северо-восточной части Воронежской антеклизы, где гранулометрическая дифференциация наиболее глубоко проявлена и близка к завершению, особенно в пределах мелководно-морской и прибрежно-морской фациальных зон. Минералы с высокой плотностью осаждаются в прибрежной зоне, ближе к источникам сноса, как бы оконтуривая береговую линию материка и островов. Для отложений аптского возраста установлено общее увеличение суммарных значений минералов с низкой гидродинамической устойчивостью в северном и северо-восточном направлениях антеклизы.

Максимумы содержаний минералов группы дистен-ставролит, тяготеющие к склонам положительных структур, пространственно совпадают с зоной перспективной на титан - циркониевые россыпи, которые в свою очередь тяготеют к структурам третьего порядка. Выявлена некоторая площадная дифференциация минералов этой группы, выражающаяся в смещении максимумов дистена к основанию и центральным частям склоновых перегибов. В таких участках установлены максимальные содержания группы минералов с низкой гидродинамической устойчивостью, в том числе алмазов. Подобное явление было установлено на территории в местах локальных поднятий

конседиментационного типа многих стратиграфических подразделений мел-палеогена. Кроме заметной зависимости гидродинамики вод, определявшей перенос и осаждение вещества от рельефа дна морских бассейнов, на протяжении всего мезо-кайнозоя, существенное влияние на распределение минералогических ассоциаций оказывали близко расположенные участки суши и подводные течения морского бассейна.

*Эндогенный фактор (эксгалационный).* В терригенных породах всех исследованных стратиграфических подразделений установлены экзотические минералы группы интерметаллидов (в том числе золото), эксгалационная природа которых наиболее четко обосновывается А.Д. Савко и Л.Т. Шевыревым [2001]. Находки ультраосновных пород в отложениях нижнего мела отчетливо свидетельствуют в пользу возможной эндогенной активности в центральной части антеклизы в раннемеловой этап ее развития.

*Эволюционный фактор* отчетливо проявляется в смене качественного состава минералогических ассоциаций терригенных отложений мела палеогеновыми. Это выражается в увеличении содержаний силлиманита, снижении граната и эпидота с практическим исчезновением последнего в более поздние этапы. В целом в составе аксессуаров увеличивается содержание устойчивых минералов. По вариациям эпидота проявляется цикличность развития территории с максимумами его содержаний в начальные стадии основных этапов (мелового и палеогенового). Заметно плавное уменьшение содержаний рутила от валанжина к апту и от нижнего эоцена к миоцену, что подчеркивает нарастание влияния гипергенеза. Территориально эволюция минералогических комплексов в пределах изучаемого временного интервала характеризуется площадной инверсией. Она проявилась в смене максимумов суммарных значений весьма устойчивых минералов в южной части региона в меловой этап на таковые в северной части в палеогеновый. Подобное изменение минерального состава тяжелой фракции обусловлено сменой минеральных провинций в источниках сноса, а также интенсивностью выветривания пород в их пределах. Накопление силлиманита обогащением им отложений трансгрессивных циклов верхнего мела за счет перемыва пород нижнего отдела и перетолжения в более удаленных от береговой линии частях бассейна явилось причиной повышения количества этого минерала и в палеогеновых отложениях. Кроме того, по мнению В.К. Бартенева [2002], обогащение силлиманитом пород палеогена могло происходить за счет разрушения малоустойчивых минералов в гипергенезе.

Таким образом, формирование минералогических ассоциаций тяжелой фракции терригенных мел-палеогеновых пород Воронежской антеклизы обусловлено рядом взаимосвязанных и взаимозависимых факторов. Так, фактор динамики среды (гидродинамика) обусловлен рельефом, который в свою очередь определяется тектоникой. Исходный состав пород промежуточных коллекторов находится во взаимосвязи с седиментационными свойствами минералов. Все факторы в совокупности контролируют эволюционную направленность изменения минералогического облика ассоциаций тяжелой фракции.

## Заключение

Изучение особенностей распределения терригенно-минералогических ассоциаций, как во времени, так и в пространстве позволило установить их основные особенности:

1. Минеральный состав тяжелой фракции отложений нижнего мела определялся сносом материала с Воронежско-Ставропольского свода на юге, частью которого являлась вся южная часть современной Воронежской антеклизы. В северной части антеклизы на состав минеральных ассоциаций нижнего мела влиял также северный источник (отложения карбона юго-западного склона Московской синеклизы). Кроме того, состав минералогических ассоциаций нижних ярусов меловых отложений контролировался таковым из разновозрастных домеловых образований Воронежской антеклизы.

2. Влияние гидродинамики среды раннемелового моря на состав минералогических ассоциаций обнаруживается в пределах подводного склона, выявленного к северу от осевой части Воронежской антеклизы. Оно выражается в смещении максимальных значений содержаний групп минералов с малым удельным весом в сторону депрессий, в приуроченности гидродинамически устойчивых минералов к положительным формам подводного рельефа. Этим объясняется и частичное обогащение отложений северо-восточных районов относительно мелким и гидродинамически неустойчивым эпидотом. В центральной части антеклизы установлено повышение содержаний неустойчивых минералов, в частности эпидота, а также глубинных вюстита и магнетита, указывающих на проявление эндогенных процессов в отдельные интервалы времени.

3. В палеогеновое время основной снос происходил с северного источника в пределах Воронежской антеклизы. Влияние его выразилось в увеличении устойчивых и весьма устойчивых минералов к северу и снижении их содержаний в широтном направлении от береговой линии вглубь акватории с возрастанием роли неустойчивых ассоциаций. В качестве основного источника сноса установлено Воронежско-Шигровско-Кантемировское поднятие. Своеобразный характер распределения минералов по площади в соответствии с их различиями по удельному весу указывают на влияние локальных тектонических структур III-IV порядков, обуславливающих дифференциацию вещества на протяжении всего палеогена. Завершение палеогенового осадконакопления выразилось в упрощении минеральных ассоциаций тяжелой фракции полтавских отложений, в составе которых резко подчиненное значение имеют химически неустойчивые акцессории;

4. По многообразию морфологических форм, и другим особенностям циркона, по химическим составам граната, эпидота и ильменита; определенной смене в пространстве и по разрезу, установлена унаследованность этих минералов из различных типов докембрийских пород и промежуточных коллекторов Воронежской антеклизы;

5. Формирование минеральных ассоциаций было обусловлено рядом факторов. Наиболее важную роль играл тектонический, определявший

распределение областей сноса и седиментации для территории на протяжении всего мел-палеогенового времени. Гидродинамический фактор выразился в дифференциации минералов по их седиментационным особенностям в зависимости от рельефа морского дна бассейнов. Установлено увеличение роли этого фактора от мела к палеогену. Эволюционный фактор выразился в упрощении минеральных ассоциаций тяжелой фракции, обогащении со временем устойчивых к выветриванию минералов. Существенной особенностью палеогена в отличие от меловой системы является увеличение содержаний - силлиманита, что связано с гипергенной переработкой пород промежуточных коллекторов и уменьшением количеств неустойчивых минералов: Наличие в породах экзотических минералов (интерметаллидов), разнообразие оплавленных форм гидроксидов железа, локальные повышения неустойчивых минералов указывают на проявление эндогенных процессов.

Полученные данные по минералогическому районированию территории для пород отдельных стратиграфических подразделений кроме возможности прогнозирования площадей развития алмазного магматизма, могут быть также использованы для прогноза минералогического состава тяжелой фракции песков при их отработке и попутном выделении в качестве техногенных титан-циркониевых россыпей.

#### Список работ опубликованных по теме диссертации

1. Звонарев А.Е. О составе аксессуарных минералов проб с аномальными содержаниями металлов в осадочных отложениях Липецкой области / А.Е. Звонарев // Вестн. Воронеж, гос. ун-та. Сер. геология. -1998. - № 6. - С. 149-150.
2. Звонарев А.Е. Некоторые данные по составу и свойствам комплекса аксессуарных минералов песков Латненского месторождения/ А.Е. Звонарев // Вестн. Воронеж.гос. ун-та. Сер. геология.-1999. - № 8. - С. 197-199.
3. Звонарев А.Е. Аксессуарные минералы терригенных, меловых отложений центральной части Воронежской антеклизы / А.Е. Звонарев // Литология и полезные ископаемые Центральной России: Материалы к литолог. совещ., г. Воронеж, 3-8 июля 2000. - Воронеж, 2000. - С. 34.
4. Звонарев А.Е. О некоторых типоморфных особенностях минералов титан-циркониевых россыпей t мезокайнозоя, ЦЧР/ В.И. Беляев, В.К. Бартенев, А.Е. Звонарев // Материалы XII международного совещания по геологии РКВ. - М., 2000: - С. 37-39.
5. Звонарев А.Е. О возможности использования «цирконового метода» в осадочной геологии, на- примере аптских отложений Воронежской антеклизы / А.Е. Звонарев // Труды молодых ученых. -Воронеж, 2001.- №2. -С.96-101.
6. Звонарев А.Е. Некоторые данные о составе тяжелых аксессуарив альб — сеноманских отложений на юго — востоке Воронежской антеклизы / А.Д. Савко,.В.К Бартенев, А.Е. Звонарев // Геологические, геофизические и

геохимические исследования юго - востока Русской плиты: Материалы науч. межвед. конф., Саратов, 2-4 апр., 2001 г. - Саратов, 2001. - С. 38.

7. Звонарев А.Е. К вопросу о минералогии тяжелой фракции отложений нижнего мела северо-восточного склона Воронежской антеклизы / А.Е. Звонарев // Материалы III Международного минералогического семинара, г. Сыктывкар, 19-21 июня 2002г. - Сыктывкар, 2002 - С. 145-147.

8. Звонарев А.Е. К вопросу об утилизации вскрышных пород Латненского месторождения огнеупорных глин / Беляев В.И., Звонарев А.Е.// Веста. Воронеж, гос. ун-та. Сер. геология. - 2002. - № 1. - С. 201 - 209

9. Звонарев А.Е. Сравнительный минералогический анализ минералов тяжелой фракции песчаных, пород палеогена и мела на юго-востоке Воронежской антеклизы - (М-37-ХП) / В.К. Бартевев, А.Е. Звонарев // Проблемы литологии, минералогии и стратиграфии осадочных образований Воронежской антеклизы. - Воронеж, 2002. - С. 73 - 76. - (Тр. НИИ геологии ВГУ; Вып. 11).

10. Звонарев А.Е. Минеральный состав комплексов акцессориев нижнего мела северо-восточного склона Воронежской антеклизы / А.Е. Звонарев // Проблемы литологии, минералогии и стратиграфии осадочных образований Воронежской антеклизы. - Воронеж, 2002. - С. 85 - 87. - (Тр. НИИ геологии ВГУ; Вып. 11).

11. Звонарев А.Е. Минералы тяжелой фракции аптских отложений северо-восточного склона Воронежской антеклизы / А.В. Черешинский, А.Е. Звонарев // Вести. Воронеж, гос. ун-та. Сер. геология. - 2003. - № 1. - С. 166-170

12. Звонарев А.Е. Распределение ассоциаций минералов тяжелой фракции в отложениях сеноманского яруса Воронежской антеклизы / А.Е. Звонарев // Веста. Воронеж, гос. ун-та. Сер. геология. - 2003. - № 2. - С. 82-91.

13. Звонарев А.Е. Гравитационная дифференциация минералов тяжелой фракции терригенных образований мела Воронежской антеклизы / А.Е. Звонарев // Полезные ископаемые Беларуси: геология месторождений и рациональное недропользование: Материалы международ. науч.-практ. конф., г. Минск, 27-29 ноября 2003 г. - Минск, 2003. - С. 56-57.

14. Звонарев А.Е. Особенности гранулометрического и минералогического состава утилизированных вскрышных пород Латненского месторождения / А.Е. Звонарев, В.И. Беляев // НАУКОВИЙ ВІСНИК національної гірничої академії України. - 2001. - № 4. - С. 85-86.

15. Zvonarev A.E. To Question about Mineralogies of heavg fraction of Deposits the' Lower Cretaceous of Northeasterly Slope an Voronezh Anteklise / А.Е. Zvonarev // Proceedings of the III International Mineralogical Seminar "New Ideas and Conceptions in Mineralogy", Syktyvkar 19-21 June, 2002. - Syktyvkar, 2002. - С. 144-145.