

**АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ ЭЙФЕЛЬСКИХ,
ЖИВЕТСКИХ И НИЖНЕФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
ЮГО-ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ****А. В. Милаш***Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 29 января 2017 г.

Аннотация: на основании изучения акцессорных минералов тяжелой фракции эйфельских, живетских и нижнефранских отложений юго-востока Воронежской антеклизы, их распределения в разрезах и по площади были построены карты терригенно-минералогических провинций. Показано, что различия в терригенно-минералогических ассоциациях и соответствующим им подпровинциям обусловлены закономерным изменением количественных соотношений основных акцессорных минералов – ставролита, турмалина и циркона. Установлено, что формирование терригенных отложений происходило при участии двух основных источников сноса – Павловского выступа и КМА.

Ключевые слова: акцессорные минералы, ставролит, турмалин, циркон, терригенно-минералогическая провинция, терригенно-минералогическая подпровинция, Воронежская антеклиза.

**ACCESSORY MINERALS EIFELIAN, GIVETIAN AND NIZHNEFRANSKIH SEDIMENTS
OF THE SOUTH-EAST OF THE VORONEZH ANTECLINE**

Abstract: based on the study of accessory minerals in the heavy fraction of the eifel, givetian and nizhnefranski deposits of the south-east Voronezh antecline, their distribution in sections and map terrigenous mineralogical province were built on the area. It is shown that differences in terrigenous-mineralogical associations and their respective subdistricts caused regular changes of quantitative relationships staurolite, tourmaline and zircon, as well as the fact that the formation of clastic sediments occurred with the participation of the two main sources of drift – Voronezh projection and KMA.

Keywords: accessory minerals, stavrolit, tourmaline, zircon, terrigenous-mineralogical province, terrigenous-mineralogical subprovince, Voronezh antecline.

Изучение акцессорных минералов является важным элементом палеогеографического анализа и при составлении фациальных карт, которые служат прогностической основой для поисков различных полезных ископаемых. Одной из основных задач такого исследования является установление источников сноса терригенного материала и их эволюция во времени. Эта задача решается с помощью построения карт (схем) терригенно-минералогических провинций акцессорных минералов.

Образования эйфельского, живетского и нижнефранского ярусов широко развиты в пределах юго-востока Воронежской антеклизы [1, 2], представлены преимущественно терригенными толщами и связаны с размытием нижележащих пород докембрия и развитых на них кор выветривания. Рассматриваемые отложения служили промежуточными коллекторами для многочисленных мезокайнозойских россыпей, широко раз-

витых в пределах антеклизы, особенно в её северной и северо-восточной частях [3]. Поэтому изучение минеральных ассоциаций палеозойских образований служит своего рода ключом к познанию природы ассоциаций россыпей мезокайнозоя региона, сформировавшихся вследствие размытия более древних осадочных толщ.

Для этих целей были построены карты терригенно-минералогических провинций различных горизонтов эйфельского, живетского ярусов и нижнефранского подъяруса. Этой проблемой более сорока лет назад занимался А. А. Жуковский [4]. Его работа по акцессорным минералам охватывала весь девон Воронежской антеклизы и для своего времени им был собран богатый фактический материал. На современном этапе в связи с появлением обширных новых данных в результате тематических и геолого-съёмочных работ созрела необходимость детализации и переосмысления имеющегося материала.

Понятие о терригенно-минералогических провинциях

Понятие о терригенно-минералогических провинциях (ТМП) было введено в литературу в 1937 г. В. П. Батуриным [5]. Он определял терригенно-минералогические провинции как «области седиментации геологического прошлого, охарактеризованные одним комплексом легких и тяжелых минералов». Практика составления карт ТМП показала, что почти все осадки охарактеризованы смешанными комплексами обломочных минералов, причем интеграция обломочного материала шла различными путями.

В связи с этим возникла необходимость о новых понятиях, связанных между собой по принципу соподчиненности. По мнению В. А. Гроссгейма [6] целесообразно ввести понятие о надпровинциях, провинциях и подпровинциях, определив их следующим образом.

1. Терригенно-минералогическая надпровинция – это область осадконакопления, охарактеризованная общим типом терригенно-минералогических ассоциаций, связанных с геотектоническими единицами первого порядка (платформы, геосинклинали). Различаются главным образом по типам легких фракций.

2. Терригенно-минералогическая провинция – область осадконакопления, охарактеризованная одинаковым комплексом терригенных минералов. Область может быть связана с одной или несколькими питающими провинциями, являющимися частями геотектонических единиц первого порядка. Различаются в основном по составу тяжелых фракций.

3. Терригенно-минералогическая подпровинция – часть терригенно-минералогической провинции – отличается от другой ее части, при общности питающих провинций, более бедным минералогическим составом слагающих ее осадков или некоторой примесью минералов соседней провинции. Возникает в результате дифференциации и интеграции осадков, поступающих из одной питающей провинции.

На исследуемой территории А. А. Жуковский [4] для всех стратиграфических горизонтов девона выделял Южно-Воронежскую терригенно-минералогическую провинцию, которая характеризовалась общностью состава тяжелой фракции. Автор же разделил данную провинцию на ряд подпровинций. Их выделение основывалось на различии процентного содержания основных аксессуарных минералов.

Методика обработки данных минералогических анализов

Вопросы, связанные с подготовкой материала к минералогическому анализу, разделением минералов в тяжелых жидкостях, методикой диагностики и подсчета минералов достаточно полно освещены в ряде методических руководств [7, 8]. Несколько подробнее следует остановиться на обработке и интерпретации минералогических исследований.

При обработке данных из количественных подсчетов были исключены все явно аутигенные материалы – пирит, гидроокислы железа, карбонаты, фосфатные

минералы, а также слюды, которые хотя и являются аллотигенными, однако характеризуют не столько особенности состава пород в областях размыва, сколько степень активности среды осадконакопления. Учитывая сложность диагностики непрозрачных минералов, в связи с чем достоверность их количественных определений (особенно в заимствованных анализах) не всегда достаточно высокая, ильменит, магнетит и лейкоксен выделены в группу «рудных» минералов, содержание которых дается относительно суммы всех минералов тяжелой фракции. Количество прозрачных минералов рассчитывалось по отношению к нерудной части тяжелой фракции, т.е. сумма их во всех случаях принималась за 100 %.

В составе прозрачных минералов выделено две группы: 1) устойчивые минералы – рутил, циркон, турмалин, ставролит, гранат, анатаз, брукит, монацит, корунд, силлиманит, дистен, андалузит; 2) неустойчивые минералы – эпидот, цоизит, амфиболы, пироксены, апатит, сфен. Из группы устойчивых минералов выделена подгруппа «прочие» к которой отнесены анатаз, брукит, монацит, корунд, дистен, силлиманит, андалузит. Количество минералов в подгруппе довольно значительно, однако в рассматриваемых образованиях они играют резко подчиненную роль.

По указанной схеме были пересчитаны все заимствованные минералогические анализы, так как различные лаборатории пользуются несколько иными способами выражения результатов. Подобная методика предварительной обработки результатов минералогических анализов вместе с обоснованием выбора оптимального размера анализируемой фракции представляет хотя и трудоемкий, но необходимый процесс.

Общая характеристика аксессуарных минералов

В составе тяжелой фракции изучаемых пород доминирующую роль играют ильменит, циркон, ставролит и турмалин. В подчиненном количестве (до 10 %) отмечаются: гидроокислы железа, рутил, лейкоксен, гранаты, дистен и пирит.

Ильменит (Fe,Mg)TiO₃ является минералом подкласса сложных окислов. В изучаемых образованиях, является наиболее распространенным минералом тяжелой фракции, присутствует во всех пробах в значительных количествах. Наибольшее содержание ильменита наблюдается в крупных гранулометрических классах (в размерности 0,1-0,25 мм). Ильменит представлен в виде угловатых или угловато окатанных зёрен, в отдельных пробах отмечается хорошо окатанный ильменит, который имеет дискоидальную форму (рис. 1а). Гораздо реже отмечаются обломки кристаллов, которые имеют ромбоздрический, реже таблитчатый облик. Излом неровный или раковистый, блеск металловидный до металлического. На поверхности отдельных зёрен ильменита отмечается трещиноватость, а также разнонаправленная штриховка. Сама поверхность часто неровная, шероховатая, корродированная, с ямками и бугорками. Ильменит часто замещается лейкоксомом, образующим на поверхности



Рис. 1. Акцессорные минералы эйфельских, живетских и нижнефранских отложений.

зерен буровато-желтые или белесые плотные примазки и скопления; наблюдаются почти полные псевдомарфозы лейкоксена по ильмениту с реликтами незамещенного минерала (рис. 1б).

Цвет минерала меняется довольно в широких пределах, от чёрного и буровато-чёрного до бурого и светло-коричневого. Цвет во многом зависит от степени изменения ильменита, более тёмный цвет характерен для свежих разновидностей, бурый и светло-коричневого для сильно изменённого лейкоксенизированного ильменита. Под микроскопом в иммерсионном препарате в порошке ильменит непрозрачен. Определяется по форме кристаллов и по налетам лейкоксена. При отсутствии кристаллов и пленок лейкоксена определяется по химической реакции на Ti. От магнетита отделяется с помощью постоянного магнита небольшого напряжения. В изучаемых отложениях основным источником ильменита являются коры выветривания по гранитам и граносиенитам павловского комплекса.

Лейкоксен ($TiO_2 \cdot nH_2O$) Им принято называть тонкозернистые до скрытокристаллических, плотные минеральные образования, по химическому составу отвечающие двуокиси титана с примесью переменных количеств воды, иногда Fe_2O_3 , SiO_2 и др. Представляет собой полиминеральный агрегат, конечный продукт изменения ильменита, реже рутила, сфена и других минералов титана. Характерно присутствие аморфной составляющей и новообразованного рутила. Лейкоксен наблюдается во всех исследованных образцах. В пробах лейкоксен присутствует в виде округлых, умеренно округлых, лепёшковидных агрегатов, реже встречаются неправильно угловатые зерна (рис. 1в). Поверхность лейкоксена обычно гладкая, реже шероховатая или матовая.

Цвет изменяется в широких пределах от желтовато-серого и серовато-жёлтого до буровато-коричневого. Блеск лейкоксена жирный, иногда матовый, излом раковистый, проявлен довольно слабо. Зерна обладают магнитностью, степень которой изменяется от количества ильменита. В порошке в иммерсионном препарате непрозрачен, при косом освещении кажется белесово-желтым. В скрещенных николях иногда агрегатно поляризует. Определяется по характерному внешнему виду зерен, похожих на окатанные обломки фарфора. Проверяется химической реакцией на титан.

Гидроокислы железа встречаются довольно часто в исследуемых образцах, особенно в отложениях прибрежно-морского генезиса. Их содержание колеблется в больших пределах. Гидроокислы представлены, по видимому, лимонитом ($FeOOH \cdot (Fe_2O_3 \cdot nH_2O)$). Наибольшее содержание отмечается в гранулометрических классах +0,25 мм и 0,1-0,25 мм. Форма зерен гидроокислов железа очень разнообразна, встречаются обломки натечных форм, конкреции, стяжения, землистые образования, иногда содержащие включения песчаного и глинистого материала (рис. 1г). Зерна как правило плохо окатанные, преобладают угловатые

формы.

Цвет буро-коричневый, коричнево-желтый, охристо-желтый; в порошке буровато-желтый. Блеск слабый жирный или смолистый. Хрупок. Излом неправильный, для плотных частиц раковистый, иногда скорлуповатый. Легко разлагаются кислотами. Гидроокислы железа являются вторичными минералами и представляют собой наиболее обычный продукт разрушения сульфидов, силикатов и других природных соединений железа.

Хромшпинелиды $(Mg,Fe)(Cr,Al,Fe)_2O_4$ встречаются в небольших количествах довольно часто, особенно в отложениях ястребовского горизонта. Выделенные минералы представлены плоскогранными изометричными октаэдрами и обломками кристаллов. Размер зерен составляет от 0,1 до 0,4 мм. Для них характерна различная степень сохранности, преобладают кристаллы с притупленными ребрами и вершинами (рис. 1д). За счет окатанности у некоторых зерен октаэдрическая форма кристаллов становится менее выраженной.

Цвет чёрный до буровато-чёрного. Блеск металлический до жирного. Спайность отсутствует. Излом неровный.

На зернах различаются поверхности мехагенной и гипергенной коррозии, первая - резко преобладает. Мехагенная поверхность представлена микровыбоинами. Выбоины создают эффект слабого выравнивания неровностей поверхности зерна (затертость).

Хромшпинелиды – типичные продукты магматогенного минералообразования, связанные главным образом с ультраосновными и основными породами.

Пирит FeS_2 для изученных образований является весьма характерным минералом. Встречен как в виде одиночных кубических кристаллов, так и кристаллических сростков (рис. 1е). Его цвет от латунно-желтого до буровато-желтого, блеск металлический. На поверхности зерен часто наблюдается пленки и корки окисления. Иногда лимонит полностью замещает пирит с образованием псевдоморфоз лимонита по пириту. Спайность отсутствует, излом преимущественно раковистый до неровного. Пирит хрупок, раздавливается с трудом.

При нагревании растворяется в HNO_3 с выделением порошковатой серы. По внешнему виду сходен с халькопиритом, от которого отличается более светлой, латунно-желтой окраской, более высокой твердостью и отрицательной реакцией на Cu. В изучаемых образованиях пирит является аутигенным минералом.

Дистен $Al_2[SiO_4]O$ в изученных образцах является характерным минералом, хотя его содержания как правило невысоки. Наблюдается в удлинённых, часто уплощенных зернах, реже отмечаются обломочные частицы, где он сохраняет свои морфологические особенности, характерную дощатую или удлинённо-пластинчатую форму (рис. 1ж). Средний размер зёрен составляет 0,1-0,25 мм.

Цвет минерала белый, сероватый, реже голубовато-серый, нередко бесцветен и прозрачен. Часто в дистенах имеются мелкие включения других минералов (преимущественно ильменита), из-за которых зерна получают более тёмную окраску и становятся полупрозрачными. Блеск стеклянный в отдельных зернах жирный, спайность совершенная, параллельно нее очень часто наблюдается две системы трещин. Вдоль трещин спайности отдельные зёрна окрашены гидроокислами железа. Характерны трещины отдельности перпендикулярные удлинению.

Дистен образуется при метаморфизме богатых глинозёмом осадочных пород в зоне высоких давлений. Формируется в областях развития парагнейсов и кристаллических сланцев. Поставщиком дистена для девонских отложений скорее всего были метаморфические породы КМА.

Ставролит ($4\text{Al}_2\text{O} \cdot [\text{SiO}_4] \cdot \text{Al}_x\text{Fe}_2\text{O}_4\text{H}_{4-3x}$) встречается во всех пробах, является характерным минералом. Наблюдается в виде угловато-окатанных, реже остроугольных и окатанных зёрен (рис. 1з, 1и). На поверхности зерен наблюдается неровная мелкоямчатая или шагреновая поверхность. Иногда наблюдаются крестообразные двойники. Цвет ставролита жёлто-красный, жёлто-коричневый, реже тёмно-красный. В порошке бледный, желтоватый. Просвечивает, часто прозрачен. Блеск стеклянный, в окатанных зернах иногда жирный. Излом неровный, мелкокорявокраевый, занозистый. Зёрна ставролита часто переполнены минеральными агрегатами, среди которых преобладает ильменит. Наибольшие концентрации ставролита отмечаются в размерности 0,1-0,25. Во фракции менее 0,1 мм его содержания заметно уменьшаются.

Хрупок, раздавливается с трудом. Под микроскопом в иммерсионном препарате прозрачен и окрашен в желтые и коричневые тона. Частично растворяется в H_2SO_4 . По цвету ставролит может быть сходен с турмалином (дравитом), но легко отличается от него в иммерсионном препарате за счет более высокого показателя преломления и низкого двупреломления.

Ставролит характерный минерал метаморфических пород, распространён главным образом в кристаллических сланцах амфиболитовой фации регионального метаморфизма, также в гнейсах. Встречается также в контактовых ореолах гранитных интрузий.

Поставщиком ставролита для девонских отложений скорее всего были метаморфические породы КМА и, в меньшей степени, породы воронцовской серии юго-востока Воронежской антеклизы.

Рутил TiO_2 в изученных образцах является характерным минералом, хотя его содержания как правило невысоки. Распространен преимущественно в мелких размерных классах (во фракции менее 0,1 мм). Для него характерны обломки кристаллов, сохраняющих удлиненно-призматические очертания, также часто встречаются неправильные обломки, реже представлен хорошо окатанными эллипсоидальными зёрнами (рис. 1к). Кристаллы призматические, столбчатые, реже игольчатые.

Цвет рутила разнообразен, преобладает красный и коричнево-красный. Для рутила характерен сильный блеск от алмазного до стеклянного. Излом неровный, раковинчатый, полупрозрачен или просвечивает, темные разности рутила непрозрачны. В тонком порошке в иммерсии вполне прозрачен. Часто отмечаются двойники кристаллов. Для мелких зёрен (фракция менее 0,1 мм) характерна гладкая блестящая поверхность, а ямчатая, неровная наблюдается в более крупных гранулометрических классах (0,1-0,25 мм).

Светлоокрашенный рутит в окатанных зернах может быть спутан с цирконом, от которого отличается по блеску, несравненно более слабому для циркона, а также по показателям преломления. Проверяется по реакции на Ti.

Рутит является распространённым акцессорным минералом интрузивных и метаморфических пород. Он широко развит в слюдяных сланцах, филлитах, амфиболитах, различных зеленых сланцах, гнейсах, эклогитах, слюдистых кварцитах, известен в скарнах и роговиках. Изредка встречается в различных изверженных породах, главным образом, в сиенитах, диоритах, плагиоклазитах.

Источником рутила для девонских пород служили метаморфические породы КМА, но не исключено, что часть рутила поставлялась и при размыве кислых интрузивов Воронежского массива.

Турмалин ($\text{Na}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{Al}_6(\text{OH},\text{F})_{3+1}[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3$) является характерным минералом для девонских отложений юго-востока Воронежской антеклизы. Встречен во всех образцах. Группа турмалинов включает несколько изоморфных рядов, в изученных пробах преобладает группа шерла, реже встречается группа дравита. Минерал представлен обломками кристаллов, угловато-окатанными агрегатами, встречаются окатанные зёрна с блестящей, полированной поверхностью (рис. 1л). Для кристаллов характерен призматический облик, конечные грани на кристаллах как правило не выражены.

Цвет турмалинов меняется в зависимости от состава, коричневая и желтовато-коричневая окраска характерна для дравита, чёрная реже тёмно-зелёная для шерла. Турмалин характеризуется раковистый излом, стеклянным блеском, зёрна как правило полупрозрачны. Довольно часто отмечаются газово-жидкие и кристаллические минеральные включения. Под микроскопом в иммерсионном препарате прозрачны и обычно окрашены в буроватые, желтые, дымчато-бурые или зеленоватые, реже розовые тона.

Под бинокляром турмалин легко определяется по форме кристаллов, окраске и сильному плеохроизму. Диагностику турмалина помогает наличие призматических кристаллов, дающих поперечный разрез в форме сферического треугольника. Все разновидности турмалина по удлинению кристалла имеют более сильную абсорбцию света, вследствие чего при наблюдении под бинокляром кристалл, поставленный на основание призмы, кажется интенсивнее окрашенным, нежели тот же кристалл, лежащий на

границы призмы. Проверяется турмалин под микроскопом по оптическим свойствам. От ставролита отличается более низким показателем преломления и более высоким двупреломления, а также характером абсорбции света. Турмалин часто встречается в качестве акцессорного минерала гранитоидов; типичен для гранитных пегматитов, грейзенов и вторичных кварцитов. В качестве жильного минерала турмалин присутствует в гнейсах и кристаллических сланцах.

Источником турмалина для девонских отложений юго-востока Воронежской антеклизы явились кислые породы Воронежского массива.

Циркон ($Zr[SiO_4]$) встречен во всех пробах, его содержания, как правило высокие. В изученных пробах присутствует в виде обломков призматических кристаллов, реже в виде неправильных угловатых зерен и хорошо окатанных эллипсоидальных зерен (рис. 1м, 1н). Цвет зёрен разнообразен от светло-розового и светло-коричневого до желтовато-коричневого и тёмно-серого. Часть зерен прозрачна или просвечивает, довольно часто встречаются непрозрачные цирконы. В порошке бесцветен. Блеск алмазный, реже стеклянный, излом раковистый. В зёрнах наблюдается трещиноватость, наиболее хорошо она проявлена у длинопризматических разновидностей. В крупных зёрнах отмечаются включения других минералов.

Минерал определяется по призматической форме кристаллов, сильному блеску и высокой твердости. Проверяется под микроскопом по высокому показателю преломления, сильному двупреломлению. По внешнему виду можно спутать с рутилом от которого отличается меньшей прозрачностью последнего и отсутствием химической реакции на Ti .

Циркон является характерным акцессорным минералом гранитов, реже изверженных пород среднего, основного и ультраосновного состава (кимберлитов), щелочных пород плюмазитового ряда (мариуполитов, миаскитов), а также метаморфического (гнейсов, кристаллических сланцев) и терригенных осадочных пород. Существенные концентрации образует в щелочных полевошпатовых метасоматитах, а также в полевошпатовых жилах, гранитных и щелочных пегматитах.

Источником циркона для девонских отложений юго-востока Воронежской антеклизы явились кислые породы Воронежского массива [9].

Гранат (альмандин, пироп) ($Fe, Mg)_3Al_2[SiO_4]_3$ весьма редок и содержания его невелики. Для него характерны зерна неправильной, угловатой формы, реже встречаются угловато-окатанные зерна (рис. 1о). Цвет от светло-розового до красновато-розового. Блеск стеклянный, на отдельных гранях алмазовидный, зерна прозрачные, реже просвечивают. Излом неровный, мелко раковинчатый. На поверхности многих зерен наблюдается шероховатая поверхность. Минерал определяется по окраске и форме кристаллов, высокому показателю преломления, изотропности или аномальной анизотропности. По свойствам близок к шпинели, от которой отличается магнитно-

стью (шпинель никогда не обладает магнитными свойствами) и аномальным двупреломлением.

Источником граната для исследуемых отложений явились метаморфические породы КМА.

Методика составления карт

терригенно-минералогических провинций

При составлении карт терригенно-минералогических провинций (ТМП) использовалась методика В. А. Гроссгейма [10] и А. А. Жуковского [4]. Сначала для каждого стратиграфического уровня, избранного для карты, составлялась серия карт распространения отдельных минералов – минеральных видов. Затем эти карты накладывались друг на друга и выявлялись отдельные ассоциации минералов. Построение карт ТМП осуществлялось на литофациальной основе, так как, во-первых, делались поправки на тип пород, минеральный состав которых изучался, а во-вторых они всегда более подробны и основываются на более густой сети наблюдений, нежели карты терригенно-минералогических провинций. Границы литофациальных зон в общем случае совпадают с границами ТМП и подпровинций и, следовательно, последние могут корректироваться, при редкой сети петрографически изученных разрезов, границами на литофациальных картах.

Терригенно-минералогические провинции эйфельского яруса

Терригенные породы в составе рассматриваемого яруса на исследуемой территории представлены отложениями мосоловского горизонта. В современном плане они имеют ограниченное распространение и приурочены к периферийной части Воронежского выступа, слагая, преимущественно, базальную терригенную пачку глинисто-карбонатной толщи. На северо-востоке и юго-востоке исследуемой территории расположены поля развития глинисто-карбонатных отложений, практически не содержащих примеси обломочного материала.

По данным 25 анализов из 9 разрезов терригенная часть обломочных пород представлена комплексом устойчивых минералов: в тяжелой фракции – циркон, турмалин, ставролит, гранат, рутил, в легкой – преимущественно кварц и полевой шпат (до 7 %). В количественных соотношениях отдельных минералов по площади выявляются определенные закономерности, отражающие функционирование в мосоловское время различных источников сноса обломочного материала. Наиболее отчетливо эти закономерности проявляются в распределении ставролита, турмалина и циркона.

Максимальная концентрация ставролита (до 53 %) приурочена к центральной части исследуемой территории и пространственно связана с выходами на предмосоловскую поверхность метаморфических образований воронцовской серии докембрия. Аналогичная закономерность, но менее четко выраженная, отмечается и в распределении турмалина. Противопо-

ложный тип площадного распространения свойствен циркону. Минимальная его концентрация приурочена к зонам максимального количества ставролита и турмалина. Гранат в исследуемых отложениях имеет сугубо подчиненное значение.

На основании вышеописанного можно выделить

Южно-Воронежскую терригенно-минералогическую провинцию, охарактеризованную одинаковым комплексом минералов (ставролит, турмалин, циркон). В составе данной провинции выделяется три подпровинции (рис. 2): Павловская, Елань-Коленовская и Бобровская

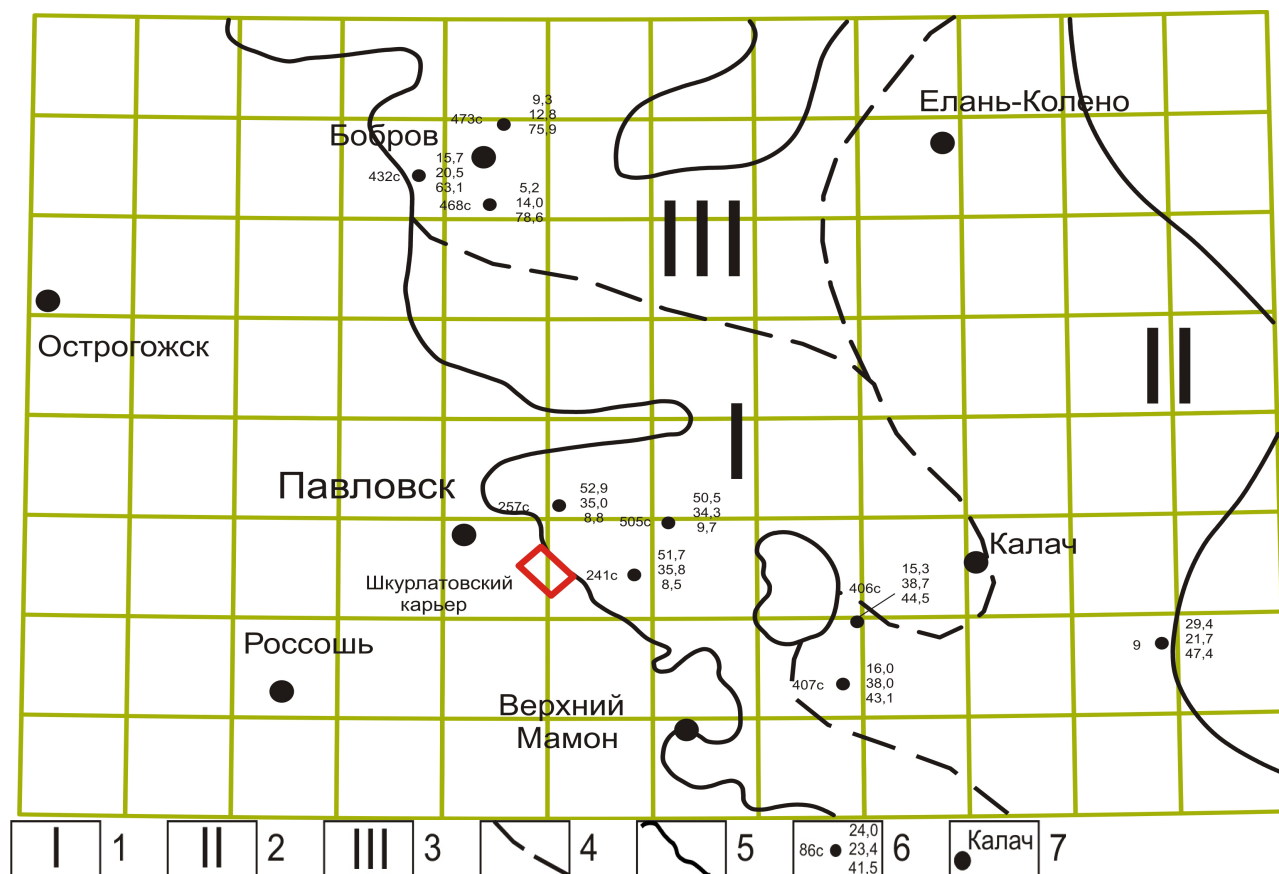


Рис. 2. Карта Южно-Воронежской ТМП мосоловского времени. 1-3 – терригенно-минералогические подпровинции: 1 – Павловская; 2 – Елань-Коленовская; 3 – Бобровская. Границы: 4 – терригенно-минералогических подпровинций; 5 – распространения отложений; 6 – скважины (слева – номер скважины, справа верхнее число – содержание (в %) ставролита, среднее – турмалина, нижнее – циркона; 7 – населенные пункты.

Павловская терригенно-минералогическая подпровинция выделяется в центральной части исследуемой территории и приурочена к прибрежно-морским отложениям (фациальные зоны ШБВ, ШВ, ШВ-ШБВ-ША [11]). Она приурочена к выходам на преддевонскую поверхность метаморфических образований воронцовской серии. Терригенные породы в этой подпровинции либо полностью слагают весь разрез мосоловской толщи (зоны ШБВ, ШВ), либо приурочены к ее базальной части (зона ШВ-ШБВ-ША). Минералогический разрез изучен в 3-х разрезах, расположенных в центральной части подпровинции.

Акцессорные минералы характеризуются преобладанием комплекса метаморфических минералов (содержание ставролита доходит до 50 %) и пониженным содержанием циркона (до 10 %). Неустойчивые минералы, как в тяжелой, так и в легкой фракциях, имеют резко подчиненное значение.

Особенности минерального состава терригенных

отложений данной провинции и фациальных условий осадконакопления позволяют связывать их образование с размывом и переотложением продуктов выветривания подстилающих, преимущественно, метаморфических пород. Но так как концентрация метаморфических минералов в терригенных отложениях данной провинции имеют такие ураганные значения, то вполне вероятно привнос материала из района КМА.

Бобровская терригенно-минералогическая подпровинция выделена на севере исследуемой территории и пространственно совпадает с северо-западной частью фациальной зоны ШБ-ША. Минеральный состав обломочных пород изучен в трех разрезах. Ассоциации акцессорных минералов весьма бедны – явно преобладает циркон (до 80 %), турмалин (до 20 %) и ставролит (до 15 %) занимают подчиненное положение. Характерно почти полное отсутствие неустойчивых минералов как в тяжелой, так и в легкой фракциях. Учитывая особенности состава этих отложений,

можно сделать вывод о преимущественном значении в процессе их образования кор выветривания на породах гранито-гнейсового комплекса докембрия.

Елань-Коленовская терригенно-минералогическая подпровинция выделена на востоке исследуемой территории и пространственно совпадает с фациальной зоной ШБ-ША за исключением ее северо-западной части. Терригенные породы в данной подпровинции приурочены к низам мосоловской толщи, слагая ее базальную часть. Минеральный состав изучен в 3-х разрезах, расположенных в южной части подпровинции.

Акцессорные минералы характеризуются небольшим преобладанием циркона (до 47 %) над ставролитом (до 30 %) и турмалином (до 38 %). От вышеописанных подпровинций она отличается практически равными содержаниями основных акцессорных минералов. Неустойчивые минералы как, как в тяжелой так и в легкой фракциях, имеют резко подчиненное значение. Особенности минерального состава терригенных отложений данной подпровинции и фациальных условий осадконакопления позволяют связывать их образование с размывом и переотложением кор выветривания, развитых как по как метаморфическим, так и по гранито-гнейсовым породам.

Таким образом, на основании приведенных данных можно сформулировать следующие особенности в распределении терригенно-минералогических ассоциаций мосоловского времени, связанные с наличием различных источников сноса обломочного материала:

1. Процесс терригенного осадконакопления связан с существованием минимум двух источников сноса, один из которых (Воронежский выступ) располагался в пределах рассматриваемой территории, а второй располагался северо-западнее (породы КМА).

2. В составе акцессорных минералов повсеместно преобладает комплекс устойчивых минералов; среди породообразующей части обломочных пород основным является кварц, а полевые шпаты имеют подчиненное значение.

3. Различия в терригенно-минералогических ассоциациях обусловлены закономерными изменениями количественных соотношений ставролита, турмалина, циркона, отражающих особенности состава размываемых пород на континенте.

4. Максимальное содержание ставролита приурочено к центральной части исследуемой территории и генетически связано как с метаморфическими образованиями воронцовской серии, так и с породами КМА.

5. Преобладание устойчивых минералов в составе обломочной части исследуемых отложений свидетельствует о значительной переработке коренных пород на континентах процессами химического выветривания.

Терригенно-минералогические провинции живецкого яруса

В составе живецких отложений терригенные образования преобладают на всей исследуемой территории. Минеральная их характеристика приводится на основании 112 анализов по 23 разрезам, довольно равно-

мерно расположенных по площади. В целом качественный состав акцессорных минералов практически не отличается от такового выше охарактеризованного эйфельского яруса. Повсеместно среди минералов тяжелой фракции преобладают устойчивые циркон, турмалин, ставролит, гранат, рутил. Легкая фракция представлена в основном кварцем (70-85 %) и полевыми шпатами. В то же время количественные соотношения названных минералов довольно резко изменяются по площади, что позволяет выделить зоны, характеризующиеся определенными терригенно-минералогическими ассоциациями. Наиболее существенные различия отмечаются в территориальном распределении ставролита и, в меньшей степени, турмалина и циркона.

Максимальная концентрация ставролита (15-18, в отдельных разрезах до 28,5 %) приурочена к западной и юго-западной частям исследуемой территории. В северо-восточном направлении относительное количество ставролита закономерно уменьшается, доходя на крайнем северо-востоке до первых процентов. Примерно аналогичные особенности отмечаются и в распределении турмалина. Его максимальные концентрации (25-35 %) в плане совпадают с полями высоких содержаний ставролита. Обратный тип площадного распространения свойственен циркону. Минимальные его концентрации приурочены к зонам максимальных содержаний ставролита и турмалина. Комплекс неустойчивых минералов в количественном соотношении имеет резко подчиненное значение, обычно составляя не более 3-5 % от суммы нерудных минералов тяжелой фракции. В составе породообразующих терригенных минералов повсеместно преобладает кварц. Полевые шпаты обычно составляют 5-8 % легкой фракции и не обнаруживают закономерных изменений содержаний по площади.

На основании описанных выше особенностей можно выделить Южно-Воронежскую терригенно-минералогическую провинцию, охарактеризованную одинаковым комплексом минералов (ставролит, турмалин, циркон). В её составе выделяется 2 подпровинции (рис. 3, 4): Павловская и Елань-Коленовская.

Павловская терригенно-минералогическая подпровинция характеризуется ставролит-турмалин-цирконовой ассоциацией минералов. Выделена на западе исследуемой территории и пространственно совпадает с лагунными и прибрежно-морскими фациальными зонами. Характер рассматриваемой ассоциации, по-видимому, следует связывать с переотложением ранее сформированных осадочных пород, в частности, мосоловского возраста. Этому не противоречит и тот факт, что данная подпровинция пространственно совпадает с зоной развития прибрежно-морских отложений живецкого времени [12, 13]. Высказанное предположение не исключает и определенной роли, которую играли в процессе формирования терригенных образований данной подпровинции и коренные породы кристаллического фундамента как гранитоидного состава, так и осадочно-метаморфические. Так же вполне вероятен привнос материала из зоны КМА.

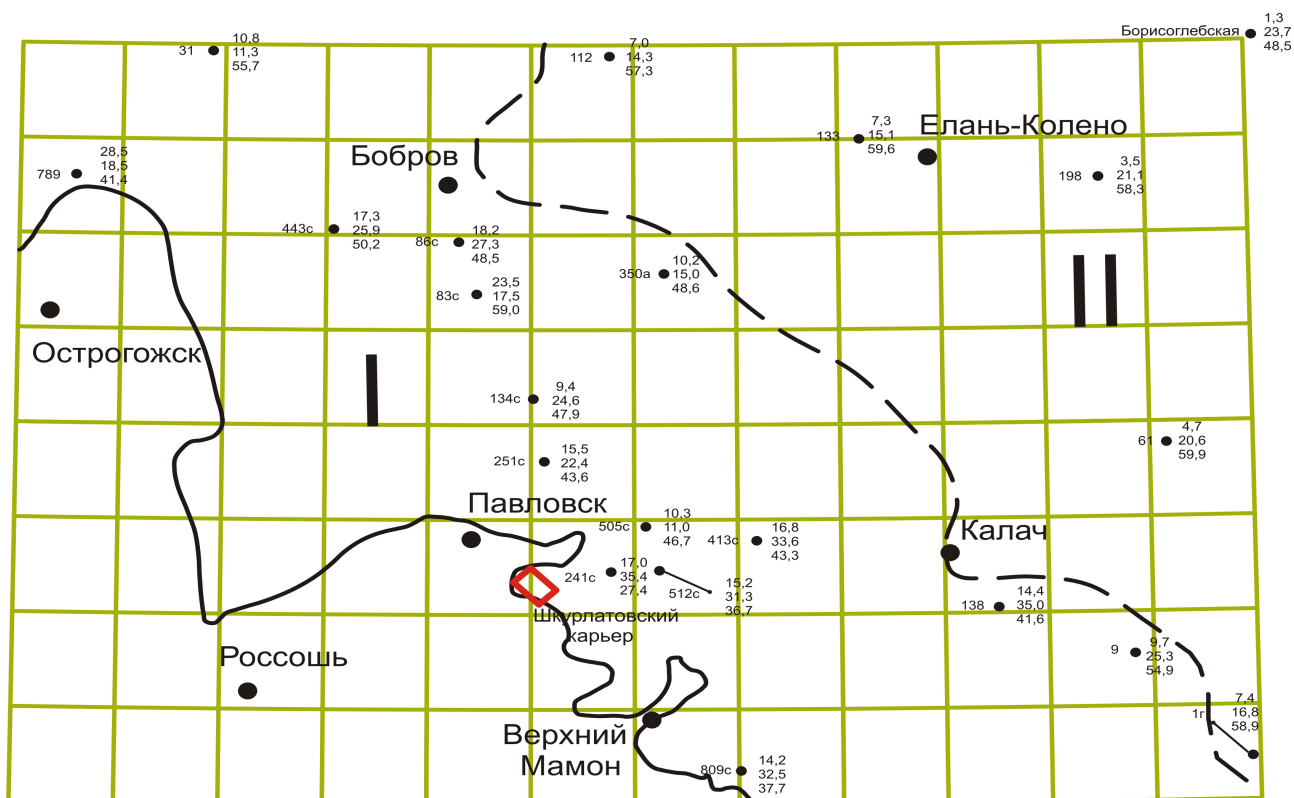


Рис. 3. Карта Южно-Воронежской ТМП воробьевского времени. Условные обозначения на рис. 2.

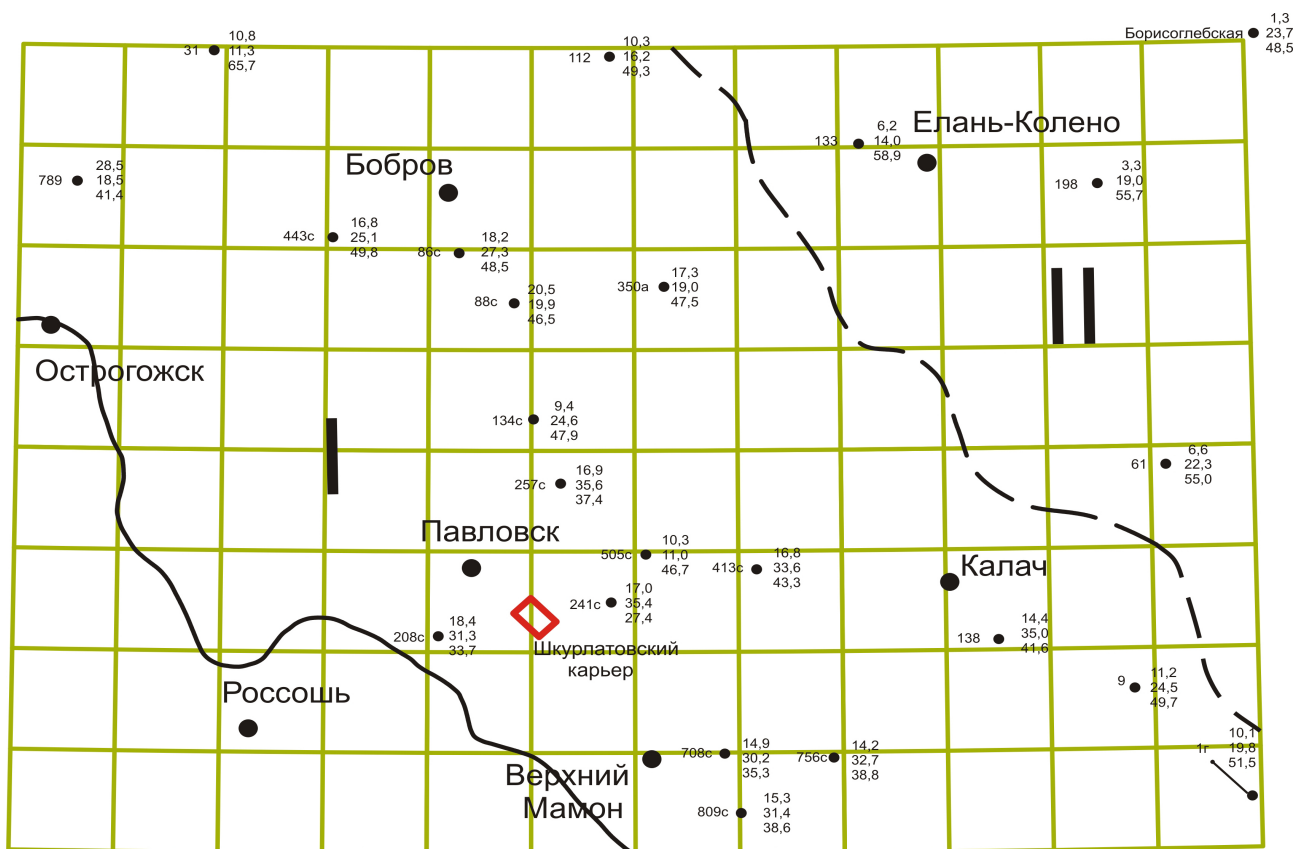


Рис. 4. Карта Южно-Воронежской ТМП ардастовского времени. Условные обозначения на рис. 2.

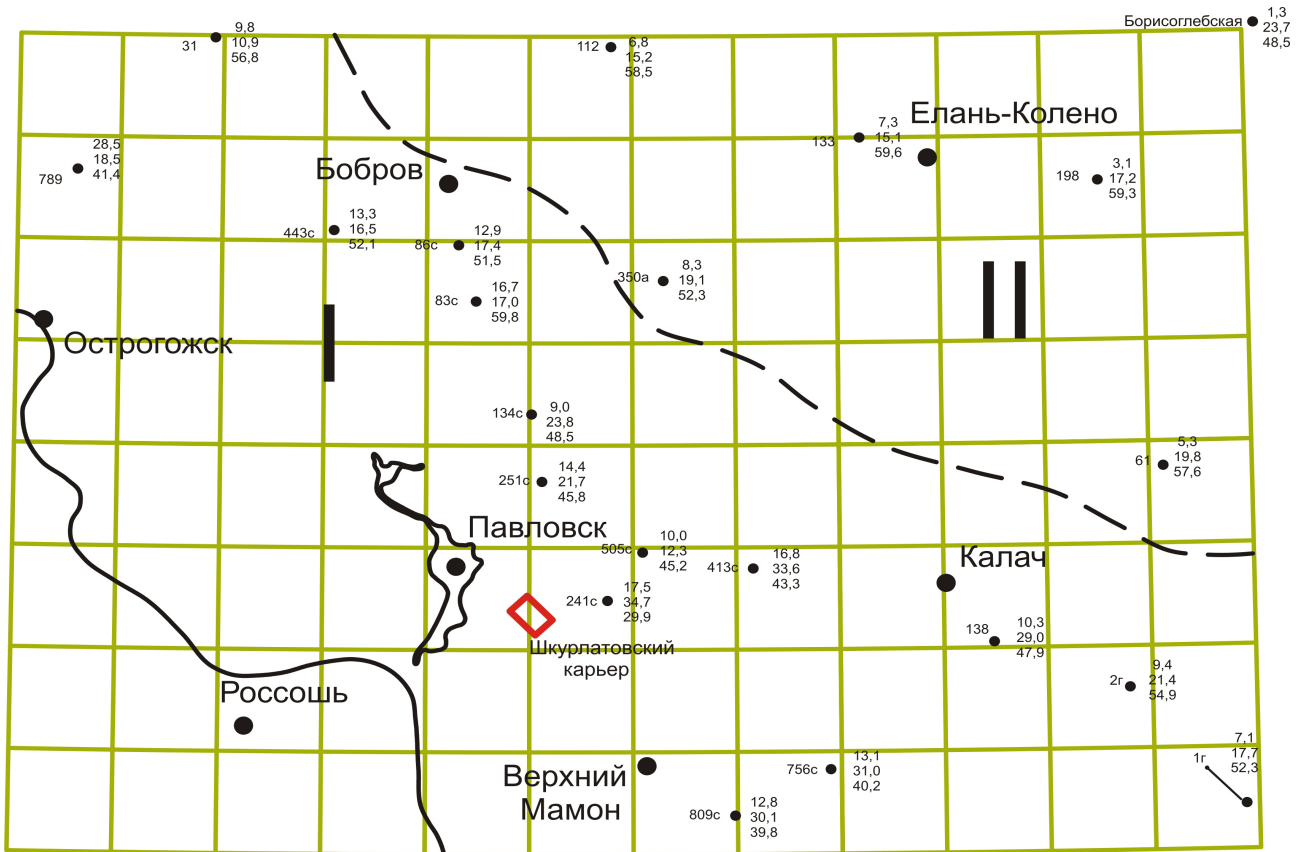


Рис. 5. Карта Южно-Воронежской ТМП ястребовского времени. Условные обозначения на рис. 2.

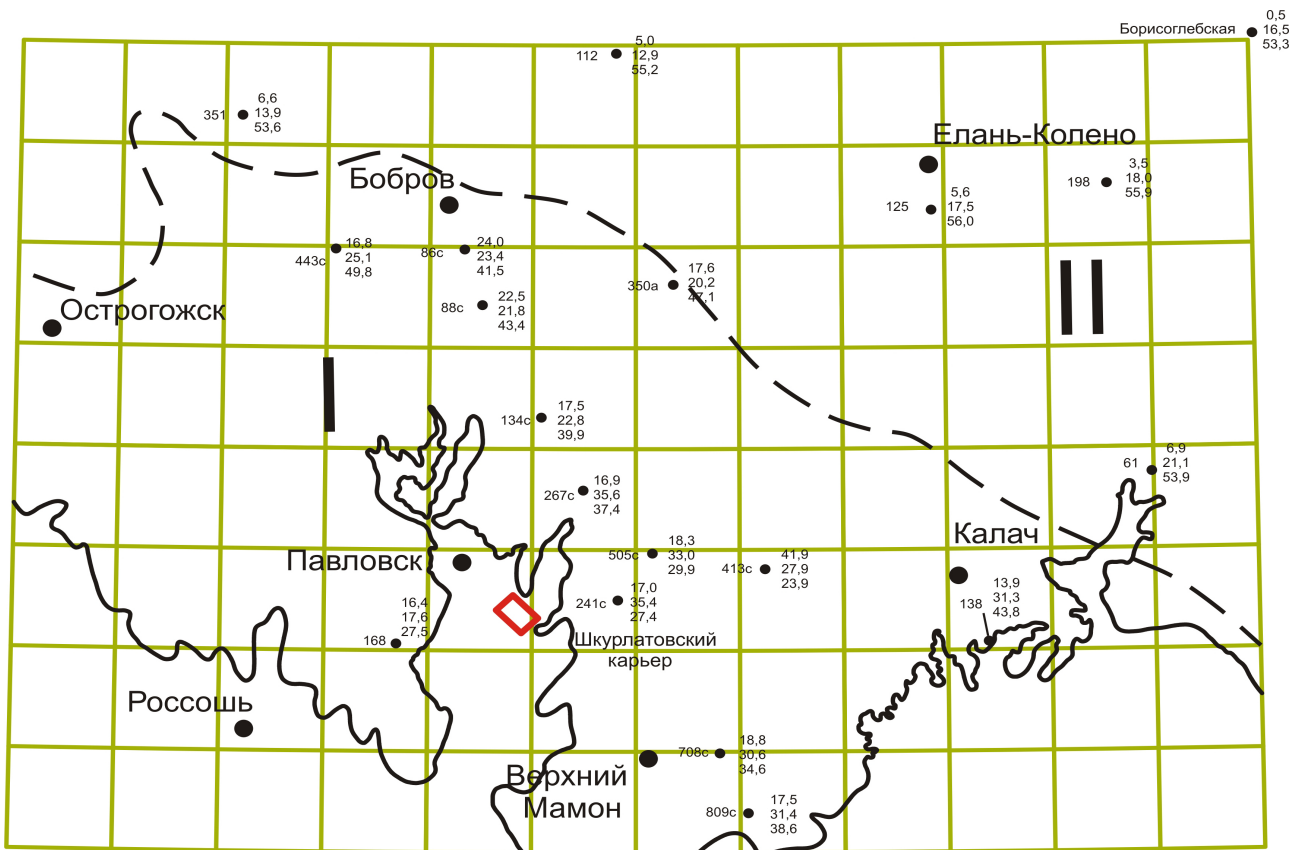


Рис. 6. Карта Южно-Воронежской ТМП чеплыгинского времени. Условные обозначения на рис. 2.

Елань-Коленовская терригенно-минералогическая подпровинция характеризуется турмалин-цирконовой ассоциацией акцессорных минералов, но при заметном участии ставролита (в среднем по провинции 4,4 %). Подпровинция выделена на востоке исследуемой территории и пространственно связана с мелководно-морскими фациями.

По сравнению с вышеописанными обломочные породы данной подпровинции отличаются резким преобладанием в акцессорной части циркона и уменьшением роли ставролита и турмалина. На основании этого можно заключить, что процесс терригенного осадконакопления в ее пределах

происходил за счет размыва продуктов выветривания преимущественно гранитоидных пород, но при участии и метаморфических образований, о чем свидетельствует несколько повышенные относительные содержания ставролита.

Таким образом, на основании приведенных выше закономерностей в пространственном распределении терригенно-минералогических ассоциаций в отложениях живетского яруса рассматриваемой территории можно сформулировать основные черты терригенного осадконакопления:

1. Формирование терригенных отложений происходило при участии двух основных источников сноса – Воронежского выступа и КМА.

2. В составе как акцессорных так и породообразующих минералов преобладает комплекс устойчивых к выветриванию.

3. Различия в терригенно-минералогических ассоциациях и соответствующим им подпровинциям обусловлены закономерным изменением количественных соотношений ставролита, турмалина и циркона.

4. Повсеместное преобладание в составе обломочных минералов комплекса устойчивых свидетельствует о размыве хорошо проработанных кор химического выветривания материнских пород на континенте.

Терригенно-минералогические провинции нижнефранского подъяруса

Отложения нижнефранского подъяруса повсеместно представлены комплексом терригенных пород. Минеральная характеристика его приводится на основании 102 анализов по 21 разрезу. В целом он практически аналогичен описанному для живетских отложений. Характерно преобладание комплекса устойчивых минералов, как в тяжелой, так и в легкой фракциях. Наиболее существенные различия в количественных содержаниях отмечаются для ставролита, в меньшей степени – для турмалина и циркона.

В распределении указанных минералов по площади отмечаются примерно те же особенности, что и для подстилающих отложений. Так максимальные содержания ставролита приурочены к южной и юго-западной частям исследуемой территории. В северо-восточном направлении постепенно уменьшается количество ставролита и турмалина и возрастает роль циркона. Неустойчивые минералы тяжелой фракции

не образуют заметных скоплений - их содержание не превышает 5 %.

В составе породообразующих минералов повсеместно преобладает кварц. Полевые шпаты в большинстве случаев имеют подчиненное значение. Так же как и в живетское время на исследуемой территории можно выделить Южно-Воронежскую провинцию и две подпровинции: Павловскую и Елань-Коленовскую (рис. 5, 6).

Павловская терригенно-минералогическая подпровинция выделяется практически в тех же районах, что и аналогичная по названию провинция живетского времени. Она пространственно связана с лагунными и прибрежно-морскими фациями. Весьма близка и ассоциация обломочных минералов, характеризующаяся преобладанием ставролита, турмалина и циркона в тяжелой фракции. По-видимому, близки в пределах этих провинций и условия образования терригенных пород, связанные с размывом ранее

сформировавшихся осадочных образований, продуктов выветривания пород докембрийского кристаллического фундамента и привноса материала из области КМА.

Елань-Коленовская терригенно-минералогическая подпровинция по своему площадному расположению и по характеру терригенно-минералогических ассоциаций практически совпадает с аналогичной провинцией живетского времени. Она пространственно связана с мелководно-морскими фациями в ястребовское время и прибрежно-морскими – в чаплыгинское. Характеризуется преобладанием турмалин-цирконовой ассоциации акцессорных минералов при несколько повышенном содержании ставролита (в среднем 6,5 %). Очевидно, сходны и условия терригенного осадкообразования данных провинций, которые характеризуются привносом обломочного материала как с юга, так и с северо-запада.

Изложенные выше особенности минерального состава нижнефранских терригенных отложений позволяют сделать следующие выводы:

1 – в эйфельское, живетское и нижнефранское время были сходные условия терригенного осадконакопления;

2 – сохранялись основные источники сноса для пород нижнего франа – Воронежский выступ и КМА;

3 – повсеместно формирование терригенных отложений нижнефранского подъяруса происходило за счет размыва на континенте продуктов интенсивного химического выветривания материнских пород, а так же переотложения ранее сформировавшихся образований среднего девона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 12. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2002. – 165 с.
2. Савко, А. Д. Объяснительная записка к Атласу фациальных карт Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, С. В. Мануковский, А. И. Мизин и др. // Труды НИИ геологии Воро-

неж. гос. ун-та. – Вып. 20. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2004. – 107 с.

3. Савко, А. Д. Титан-циркониевые россыпи Центрально-Черноземного района / А. Д. Савко [и др.]. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 1995. – 148 с.

4. Жуковский, А. А. Вещественный состав и условия формирования терригенных отложений девона Воронежской антеклизы и прилегающих районов: автореф. дис... канд. геол.-минералог. наук / А. А. Жуковский – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т им. Ленинского комсомола, 1974. – 25 с.

5. Батулин, В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам / В. П. Батулин – М., Л. – 1947. – 339 с.

6. Гроссгейм, В. А. Карты терригенно-минералогических провинций как один из типов палеогеографических карт / В. А. Гроссгейм // Методы составления литолого-фациальных и палеогеографических карт: Труды V Всесоюзного литологического совещания. – Новосибирск, 1963. – Т.1. – С. 132–136.

7. Логвиненко, Н. В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования) / Н. В. Логвиненко // Учебник для студентов геолог. спец. вузов. – 3-е изд., перераб., и доп. – М.: Высшая школа – 1984. – 416 с.

8. Копченова, Е. В. Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов / Е. В. Копченова – Москва. – 1979. – 247 с.

9. Ненахов, В. М. Интегральная модель россыпеобразования на территории Воронежской антеклизы / В. М. Ненахов, Г. С. Золотарева // Литология и полезные ископаемые. – Москва, 2012. – № 1. – С. 26–40.

10. Гроссгейм, В. А. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа) / В. А. Гроссгейм, О. В. Бескровная, И. Л. Герашенко [и др.]. – Л.: Недра – 1984. – 271 с.

11. Милаш, А. В. Литолого-фациальная характеристика молосовских отложений юго-востока Воронежской антеклизы / А. В. Милаш // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2016. – № 3. – С. 22–26.

12. Милаш, А. В. Литолого-фациальная характеристика воробьевских отложений юго-востока Воронежской антеклизы / А. В. Милаш // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2015. – № 1. – С. 146–149.

13. Милаш, А. В. Литология и фации ардатовских отложений юго-востока Воронежской антеклизы / А. В. Милаш // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2015. – № 4. – С. 177–181.

Воронежский государственный университет

Милаш Алексей Васильевич, ведущий инженер

НИИ Геологии

E-mail: pirit86@yandex.ru

Тел.: 8 (4732) 207-842

Voronezh State University

Milash A. V., the Lead Engineer of Scientific Research Institute of Geology

E-mail: pirit86@yandex.ru

Tel.: 8 (4732) 207-842