

О ВОЗРАСТЕ И УСЛОВИЯХ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОЯВЛЕНИЙ ЭНДОГЕННОГО РУДОГЕНЕЗА В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ ЮГО-ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

С. Л. Шевырѐв

Воронежский государственный университет

Юго-восток Воронежской антеклизы отличается значительной тектонической активностью в фанерозое. Как район, находящийся на стыке нескольких административных территорий, он остается наименее изученным в отношении минерагенических особенностей осадочного чехла. Дистанционные космические материалы высокого разрешения позволяют получать целостную картину геологических объектов. Минерагеническая интерпретация выделяемых аномалий в комплексе с аналитическими исследованиями позволяет прогнозировать экономически значимые скопления рудного вещества. Последние могут принадлежать нескольким генетическим и морфологическим типам: прожилково-вкрапленных руд в каменноугольных известняках с мощностью рудоносных тел до 60 м и более и содержаниями Zn до 1,12 %, Pb — до 0,35 %; метасоматических линзообразных залежей в зонах развития выщелоченных и брекчированных пород, где количество сульфидов полиметаллов достигает 50% от их объема, в т.ч. Zn — до 3 % и более, Pb — до 0,5 %; жильных тела, в виде халцедон-карбонатных и карбонатных жил с вкрапленностью сульфидов. Большой интерес представляют обнаруженные солевые ореолы меди и никеля в песчаниках мамонской толщи среднего франафамена, барит-сфалеритовые проявления в живетском биогерме. Особой статьей являются мелкие блоки фундамента шкурлатовского типа, поднятые тектоническими движениями фанерозоя в осадочный чехол. Они представляют особый интерес как потенциальные месторождения высококачественных каменных строительных материалов.

Юго-восток Воронежской антеклизы, находящийся на стыке площадей интересов нескольких субъектов РФ (Воронежская, Ростовская, Волгоградская области, Богучарский, Павловский, частично, Калачский, Россошанский районы) из-за своего пограничного положения остается наименее изученным в отношении минерагенических особенностей осадочного чехла. Между тем, в фанерозое он отличался заметной тектонической активностью, выразившейся в возникновении многочисленных изометричных и линейных центров активизации и связанных с ними лавовых полей, появлении контрастных ореолов меди и никеля, полиметаллов, ультратонкого золота, высокобарических минералов-спутников алмаза. Для попыток прогноза экономически значимых скоплений этих и других полезных ископаемых важна аргументация в пользу того или иного возраста обнаруживаемых рудных минералов и геохимических ореолов, которую можно получить при аналитических исследованиях рудного вещества. Контуры проявлений и аномалий, перспективные площади, можно попробовать определить, используя дистанционные материалы нового поколения с высокой разрешающей способностью (рис. 1), используя традици-

онный способ поиска «от руды» (идя от известных проявлений к еще не открытым). Таким является интересное Шкурлатовское проявление, не имеющее пока аналогов в регионе: минералы цинка, барит, сульфиды присутствуют в двух стратиграфических уровнях — живетском биогерме и туронском писчем мелу. Одной из задач настоящей публикации является рассмотрение аргументов в пользу признания одновременности возникновения оруденения, вопросу отнесения его, вне зависимости от возраста вмещающих толщ, к альпийскому этапу рудогенеза. Для этого проведено сравнительное исследование металлоносных отложений обоих горизонтов. О кайнозойском возрасте барит-сфалеритового оруденения выделяемой Шкурлатовского объекта свидетельствует локализация верхней рудоносной линзы в писчих мелах туронского яруса (моложе 80 млн лет).

ДЕШИФРИРУЮЩИЕСЯ ОБЪЕКТЫ И ИХ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Выделяется серия изометричных объектов, крупнейшими из которых являются Мигулинский «гексаэдр», Шкурлатовская и Гнилушинская структура (рис. 2), а также многочисленные аномалии макротрещиноватости (рис. 3). Справа — цветовая шкала интенсивности макротрещиноватости, вы-

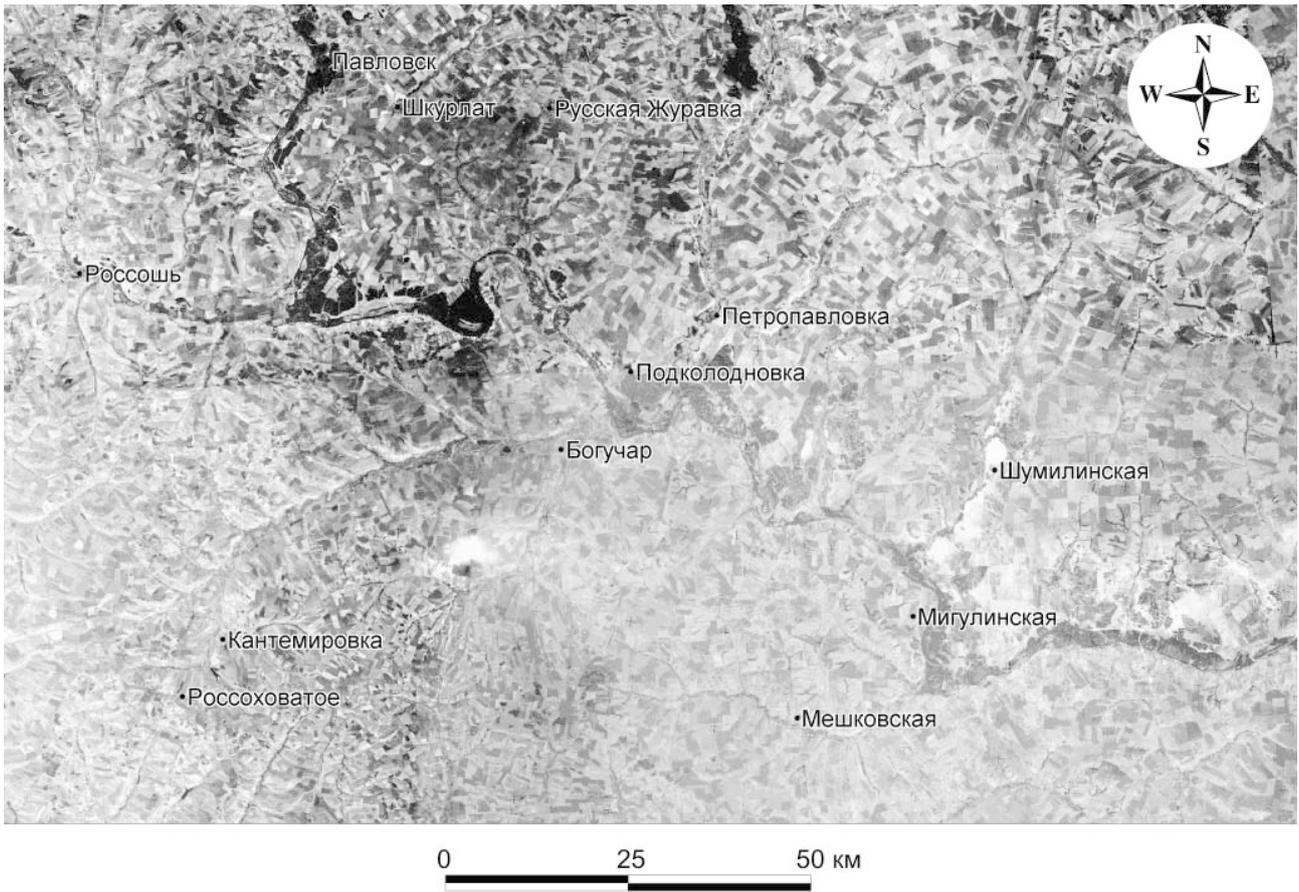


Рис. 1 Прецизионный космоснимок на территорию юго-востока Воронежской антеклизы (ВНИЦ «Природа»).

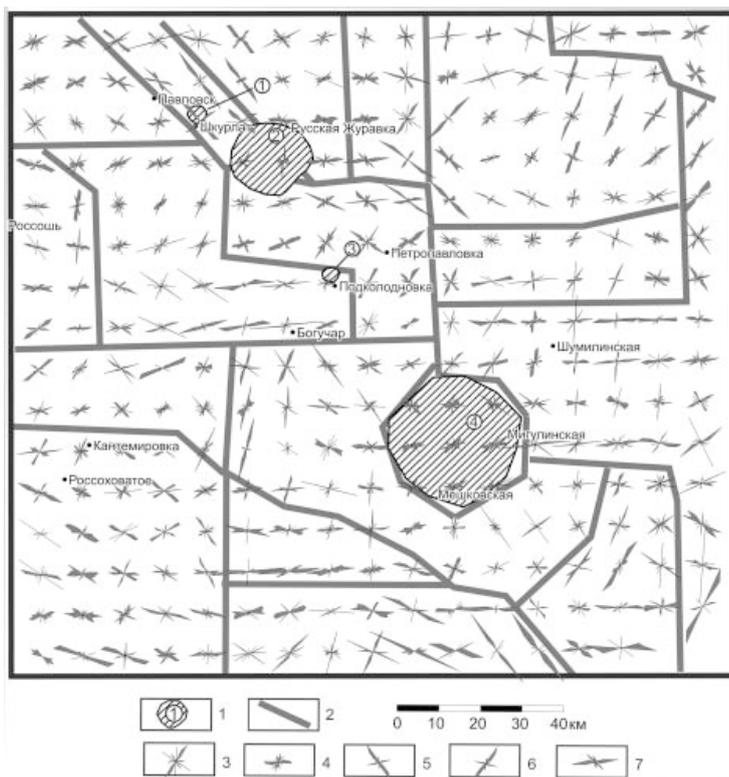


Рис. 2. Локальные (изометричные) и линейные центры тектонической активизации фанерозоя по результатам обработки дистанционных материалов. Условные обозначения: 1 — основные локальные изометричные центры тектонической активизации, в т.ч. (цифры в кружках): 1 — Шкурлатовский, 2 — Гнилушинский, 3 — Подколodновский, 4 — Мигулинский «гексаэдр»; 2 — основные линейные границы площадей с различными типами макротрещиноватости, интерпретируемые как разрывы; 3—7 — типы роз-диаграмм трещиноватости: 3 — весьма изотропной, 4 — изотропной, 5 — с преобладанием СЗ направлений, согласных с простираением основных тектонических структур, 6 — то же, северо-восточных, секущих по отношению к основным тектоническим структурам, 7 — то же, широтных.

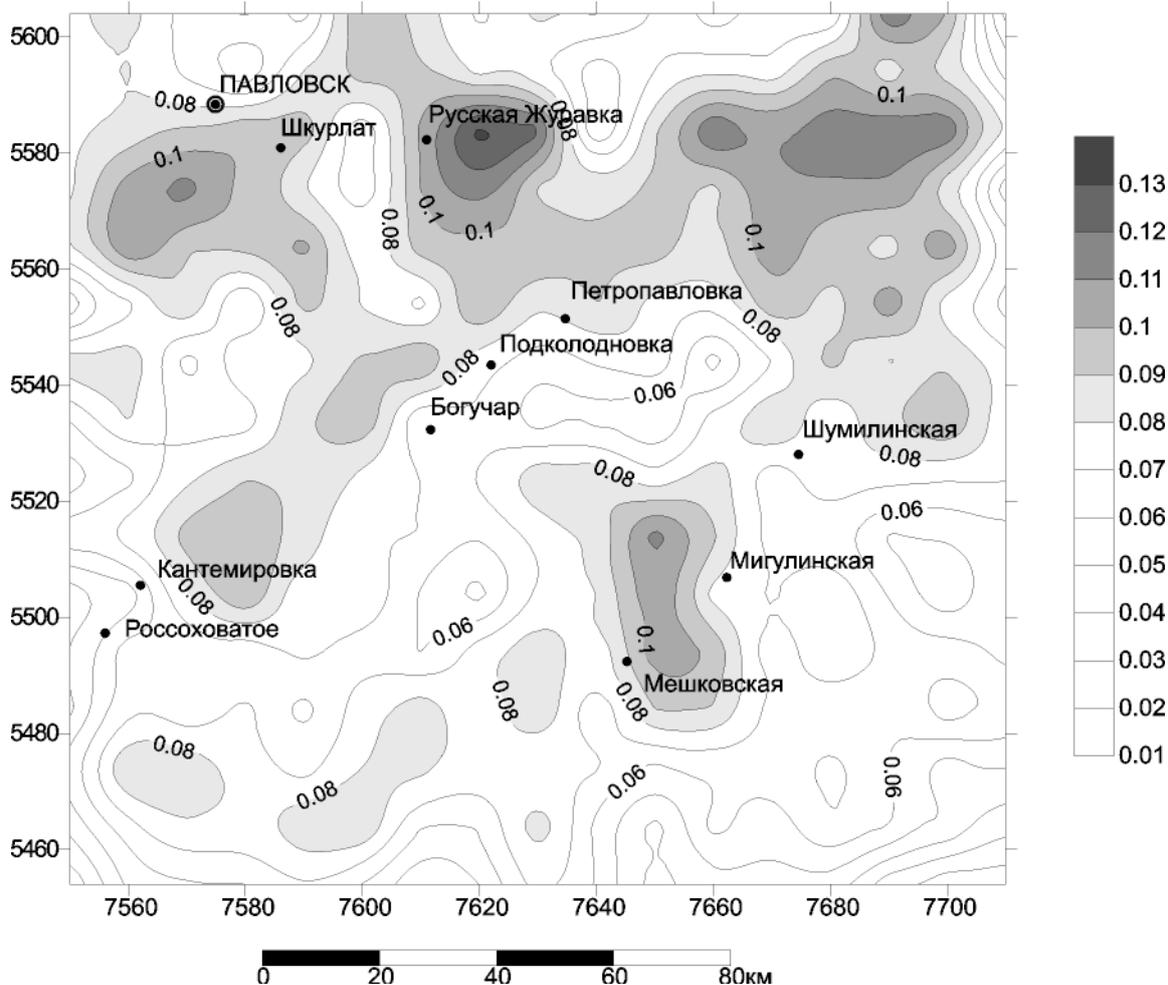


Рис. 3 Схема распределения густоты макротрещин (длины трещин) юго-востока Воронежской антеклизы.

раженная отношением $k\Sigma l/S$, где Σl — длина линейных элементов, S — площадь, k — масштабный коэффициент (в нашем случае равный 10).

Мигулинский «гексаэдр» уверенно выделяется по результатам дешифрирования космических снимков. На профилях заметна компактная слабо-контрастная аномалия. В плане структура — напоминает шестиугольник диаметром около 30 км. Структура с севера и северо-востока (линия х. Матюшин — ст. Казанская — ст. Мигулинская) ограничена долиной р. Дон. Она целиком расположена на его крутом правом берегу. На юге и юго-востоке границами структуры служит р. Тихая. Весьма расчлененный рельеф кольцевого объекта контрастирует с невыразительным в этом отношении соседними площадями. Превышение наиболее приподнятой его центральной части над урезом воды р. Дон — около 70 м. Характерен радиальный, центробежный рисунок гидросети. Сведения о геологическом строении площади Мигулинской

структуры приведены [5] при описании Казанско-Калачеевского глубинного разлома. Разлом, по этим данным, разделяет Мигулинский и Озерный блоки от Варваринского и Казанского. Зоне разлома соответствуют: а) понижение в рельефе фундамента, выполненное франскими базальтами; б) тела ультрабазитов; в) «повсеместное окварцевание, мигматизация и дробление пород, обусловившие его отражение в зоне остаточных аномалий силы тяжести в виде участков интенсивных отрицательных аномалий» [5, с. 41]. Исследования полей напряжений, выполненные на основе анализа трещиноватости верхнемеловых и палеогеновых отложений, подтвердили высокую роль разрывов в формировании структуры. В карьерах у ст. Казанской отчетливо выражены диагональные системы сколов, генерируемые мощным меридиональным нарушением. Сопряженные системы трещин этого типа подтверждают тенденцию к воздыманию (во всяком случае, восточного блока), проявленную в

эпохи трещинообразования. Восстановление геологической истории Мигулинской кольцевой структуры со всей полнотой пока не возможно. По аналогии с Гнилушинским, Мигулинским и другими объектами, рекомендуется уделить особое поисковое внимание его кольцевому ограничению, практически не изученному. Разрывной характер его несомненен. К нему приурочен и мощный источник минеральных вод «Белая горка». С локальным поднятием вдоль разрыва связан единственный на антеклизе выход пород нижнего карбона у ст. Казанской. Один из сегментов разлома контролирует размещение франских базальтов Мигулинской площади.

Шкурлатовская кольцевая структура («неотектонический шток»). Диаметр структуры около 3,0 км. Она занимает участок поймы р. Гаврило, долина которой в районе неотектонического штока круто меняет направление с юго-западного на северо-западное (направления наследуют простирания важнейших систем сдвиговых дислокаций фундамента). В районе кольцевой структуры р. Гаврило рассекает широкую плоскую поверхность, имеющую относительные превышения над р. Дон около 50 м. Относительные превышения поверхности поймы р. Гаврило над урезом воды в Дону — 20—22 м, над руслом р. Гнилуши — менее 1,0 м (на участках поднятий, по С.В. Тихомирову, — до 7 м). До строительства карьера центральной части структуры соответствовала округлая в плане заболоченная депрессия. Рельеф кровли граносиенитов в пределах кольцевой структуры определяют крутосклонные гряды, вытянутые по азимуту СЗ 340°. Высота их — до 30—50 м. Относительные превышения верхних частей гряд над соседними долинообразными понижениями составляют 5—14 м на 25 м длины карьера. В геологическом строении принимают участие граносиениты павловского комплекса, отложения среднего и верхнего девона, меловые и четвертичные (рис. 4). Отдельные глыбы граносиенитов объемом до 3,0 × 3,0 × 4,0 м встречены среди вмещающих их живецких аргиллитов. Бескорневой характер обломков, их поверхность, покрытая зеркалами скольжения — свидетельства в пользу отнесения глыб к гигантской тектонической брекчии. Аналоги таковой известны по Пучежской [6] и Калужской кольцевым структурам, но дробление и перемещение вещества в случае Шкурлатовского объекта меньше. Девонские отложения (живецкие аргиллиты, франские туфогенные породы) имеют мощность до 20—30 м.

Девонских пород нет над вершинами двух гряд — выступов фундамента. Эта часть разреза осадочного чехла отличается высокой однородностью петрографического состава на больших площадях в пределах и вне структуры. Выступы граносиенитов нередко трактуются как архипелаг времени девонского и мелового осадконакопления («маленькие Альпы»). Это не верно. Гряды не выражены в фациях отложений, что будет ниже подробно рассмотрено. Туронский писчий мел в нижней части разреза песчанист, содержит гальку фосфоритов, единичные неокатанные обломки граносиенитов, но только в самом основании. Выше по разрезу мел однородный, без обломков, несмотря на то, что один из гребней возвышается над кровлей меловых отложений. Четвертичная толща построена сложно. Здесь различаются северо-восточный и юго-западный блоки; границей им служит разлом с простиранием СЗ 320°. Это — сброс с вертикальным положением сместителя. Северо-восточный борт приподнят относительно юго-западного на 8—12 м. В пределах первого мощности шкурлатовской (микулинской) свиты сокращены вдвое, присутствуют отложения слоев гаврильских (осташковских), осерединских, преобразованных, елизаветовских. В контакт вдоль нарушения приведены буйловские пески и, в другом крыле — гаврильские суглинки, елизаветовские погребенные почвы. В строении четвертичных толщ менее выражено второе диагональное направление — СВ 40°. К нему приурочен лишь протяженный (прослежен на 300—400 м) древний врез, выполненный песками осерединских слоев (10,4 тыс. л. н.). На завершающих этапах геологического развития (в том числе, в современное время) произошло усиление тектонических процессов. Отмечены заметные (с амплитудой более 1,0 м) деформации ископаемой почвы, искажения уровня современной поймы. Отмечена приуроченность примерно к району структуры ряда эпицентров современных землетрясений.

Гнилушинская кольцевая структура. Этот объект диаметром 17 км на юго-востоке Воронежской антеклизы впервые был указан как поднятие на карте новейшей тектоники [16]. Площадь структуры ограничивают глубоко врезанные долины р. Гнилуши (имеет в плане дугообразную форму) и ее левого притока балки Хрещатый Яр. Структура хорошо распознается на космоснимках и при изучении расчлененности рельефа на топокартах (см. рис. 2). По степени отображения различаются лучше выраженная (активная), обращенная к Рос-

сошанскому массиву, и хуже выраженная тыловая (пассивная) части кольцевого ограничения. Кольцевая структура занимает часть водораздельной поверхности Калачской возвышенности. Ее площадь рассекают крутосклонные балки Кириллов Яр, Журавка и другие, выходящие устьями к р. Гнилуше и б. Хрещатый Яр. Долины рек Гнилуши, Хрещатый Яр не имеют террас, повсеместно выражена только неширокая (десятки метров, иногда до ста метров) пойма — свидетельство их геологической «молодости». Этот же вывод подтверждают морфометрические построения. На картах горизонтальной расчлененности и равных длин водотоков высоких порядков Гнилушинская структура не читается, но она хорошо различима в изолиниях, характеризующих распределение по площади молодых водотоков (деллей). Гнилушинская структура расположена в зоне сочленения Павловско-Стрелицкого краевого поднятия и Богучарско-Елецкого эвгеосинклинального прогиба, выполненного образованиями воронцовской (песчано-сланцевой) серии нижнего протерозоя. Эти элементы тектонической структуры докембрия выделены [3]. Осадочно-метаморфические породы слагают выступ на площади Гнилушинского объекта, осложняя прямолинейную границу гранитоидов и метапесчаников. Рельеф поверхности фундамента не обнаруживает здесь особенностей, отличающих центральный блок от соседних площадей. Кровля докембрия полого, плавно погружается под толщу фанерозоя в восточном направлении. Девонская и меловая толщ имеют средние для региона мощности, обычный региональный наклон. Аномальные тектонические явления, связанные с активностью Гнилушинской кольцевой структуры, установлены при рассмотрении ее кольцевого ограничения: 1 — площади развития пород основного — ультраосновного ряда тяготеют к периферическим частям объекта, особенно к северному и южному сегментам; 2 — здесь выделено единственное известное на антеклизе тело, сложенное кимберлитоподобными породами [17]; 3 — высокий (40-50 м) гребневидный выход серпентинитов и перидотитов локализуется вдоль северного сегмента разлома; 4 — под поймой р. Гнилуши имеется небольшой (первые метры) уступ в рельефе поверхности кристаллического фундамента. Опущенным является восточный блок; 5 — северная приразломная часть структуры осложнена Русско-Журавкинским поднятием. Оно выявлено [8] по кровле и подошве вулканогенно-обломочных пород ястребовского горизонта; 6 — повышенные

мощности франских базальтов отмечены вдоль южного сегмента [4].

В балке Куркин Яр еще С.В. Тихомировым отмечался феномен глубокого изменения пещего мела. На протяжении более 1 км в серии обнажений эти породы перекристаллизованы, превращены в тонкозернистый известняк. Отмечены горизонтальные жилы прозрачного, крупнокристаллического кальцита мощностью до 0,3 м (ранее обнаруживались С.П. Молотковым). Перекрывающие пески неогена преобразованы в крепкие песчаники. Вышележащие глины содержат прослои гипса до 0,3 м мощностью. Рентгенограммы «твердого» мела показывают, что изменения этой мягкой, пачкающей руки породой не связаны с окремнением — кремнезем в породе отсутствует; породообразующим минералом является только кальцит. Изотопный состав серы из гипсов (аналитик Д.А. Лесной, ИГФМ, г. Киев) подтвердил предположение об определенных метаморфогенных превращениях и морском источнике серы (см. таблицу).

Таблица

№№	Минерал	$\delta^{34}\text{S}$	Ошибка измерения
1.	Сфалерит	+35,3	
2.	Барит	+16,8	$\pm 0,4$
3.	Пирит	+9,3	
4.	Гипс	+8	$\pm 0,3$

Сера в сфалерите носит остаточный характер и является продуктом заключительных фаз гидротермального процесса. Аналогичные определения известны для руд Казахстана, гидротермальный характер которых несомненен. Состав серы пирита типичен для кор выветривания, барита — для океанического осадконакопления. Источник серы в гипсе из неогеновых песков балки Куркин Яр — «морской».

В.Н. Селезнев в Стойленском карьере описал блоки (до 40—50 м) подобного «мела» в карстовых полостях. Однако на КМА данный процесс не привел к образованию жил кальцита и не повлиял на вмещающие и перекрывающие породы. Масштабы его не сравнимы с таковыми Гнилушинской структуры. В геологической истории Гнилушинского кольцевого разлома выделяются несколько стадий активизации. Первая связывается с внедрением в раннем протерозое ультрабазитов. Во вторую — ястребовскую, — происходило накопление образований субформации субщелочных базальтоидов, представленной в зоне разлома, возможно, не только туфами, но и эффузивами [8, с. 19]. В

третью стадию, также связанную с обстановкой растяжения, имели место излияния франских базальтов. В позднем девоне и, возможно, позднее происходил «рост» гребня, сложенного ультрабазитами, с дислоцированием перекрывающих живецких пород. Об этом свидетельствует более высокое положение ястребовских отложений в скважине 37-с по сравнению с внутренними частями структуры. Подобные же явления протрудирования в герцинском этапе отмечены [10] и для Нижнемамонской и Подколдновской интрузий ультрабазитов. Эту стадию, четвертую по счету, следует сопоставлять со стадией (фазой) «роста» Шкурлатовской протрузии постживецкой-предтуронской. Меловой и палеогеновый периоды на территории структуры были временем относительного покоя. В неогене и четвертичное время процессы активизации возродились: произошла перекристаллизация писчего мела, объяснимая только эндогенными причинами, аномально высоким тепловым потоком. В позднем плейстоцене здесь накопились мощные (20 м и более) толщи кирпичных суглинков с горизонтальной слоистостью. Они коррелируются с петровскими слоями бассейна р. Осередь, датированными около 23 тыс. лет [2]. Мощной вспышкой тектонической активности отмечен голоцен, в который заложилась долина р. Гнилуши. Усиление поднятий на современном этапе подтверждается аномально высокой горизонтальной расчлененностью площади структуры.

МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕННЫХ ДЕШИФРИРОВАНИЕМ ОБЪЕКТОВ

Проявления альпийской эпохи распространены на территории, расположенной восточнее Россосанского массива и особенно в Богучарско-Ливенской зоне. Рассматриваемая зона находится в пределах влияния Доно-Медведицкого авлакогена, активного на альпийском и неотектоническом этапах, что сказалось на облике и возрасте рудопроявлений. Наиболее выраженное из них локализовано в туронском писчем мелу Шкурлатовского рудного поля. Гнезда рыжих охр со скоплениями барита и сфалерита там наблюдались [24] близ протрузии граносиенитов. Они имели диаметр 0,1—0,3 м и группировались в полосу шириной 3—5 м. Барит отличался копьевидным обликом кристаллов от разновидностей этого минерала в девонском карбонатном метасоматите. Данное проявление в писчем мелу пока единственное, уверенно относимое к альпийскому этапу рудоге-

неза. Более точный его возраст (неотектонический?) пока установить невозможно. Единственным мощным экраном, залегающим выше писчего мела, являются гаврильские (верхневалдайские) глины. Вне площади их распространения оруденения в писчих мелах нет.

Основную часть Шкурлатовского проявления (см. рис. 4) образуют пластообразные тела рудоносных карбонатных метасоматитов, анкеритизированного кораллового биогерма, мощностью 0,6—0,8 м, в раздувах до 1,5 м. Многочисленные пустоты выщелачивания в нем рассеяны неравномерно и тяготеют к участкам максимального развития колоний кораллов. Преобладают их уплотненные горизонтальные системы сложных очертаний размером 3—10 см. Самые крупные пустоты соединяются узкими извилистыми каналами. Степень каверзости 0,05—0,1, на отдельных участках 0,2—0,3. Минералогический состав проявления изучался в свое время Л.Т. Шевыревым совместно с А.Н. Кузнецовым. Рудная минерализация наблюдалась в 60 % полостей и вдоль трубок кораллитов. Она представлена корочками, агрегатами кристаллов, редко прожилками сфалерита, халькопирита, барита, пирита, олигонита, выстилающих поверхность каверн. Стадийность отложения минералов: пирит (пентагондодекаэдры) — сфалерит — барит. В безрудную стадию образовался кальцит в виде корочек толщиной 1—8 мм. Электронно-микроскопические снимки основных рудных и нерудных минералов Шкурлатовского барит-полиметаллического оруденения показаны на рисунке 5.

Сфалерит (марматит и клейофан) встречен в виде кристаллов размером до 6—8 мм, агрегатов, сплошных масс, выполняющих каверны. Его кристаллы — это в различной степени уплотненные тетраэдры {III}, сгруппированные в изометричные гроздевидные агрегаты. Рефлексы выражены при большом (x200) увеличении, они красные (у типичного сфалерита желтые). Несколько необычные свойства минерала объясняются большим количеством примесей. По данным лаборатории ИМРа (Симферополь), отмечаются Si (4 вес. %), Fe (2 %), Al (0,8 %), Ca (1,2 %), Cd (0,5 %), Pb (0,5 %), Ti (0,06 %), In (0,032 %), Cu (0,05 %), Mn (0,032 %), Ni (0,003 %), Co (0,001 %), Sn (0,005 %), Ga (0,004 %). Барит образует серо-голубые пластинчатые кристаллы размером от 1 до 4,5 см, одиночные и сложные сростки. Наиболее часто встречаются формы в виде комбинации пинакоида {001}. Кристаллы содержат тонкую эмульсионную взвесь марматита. Температура гомогенизации первичных

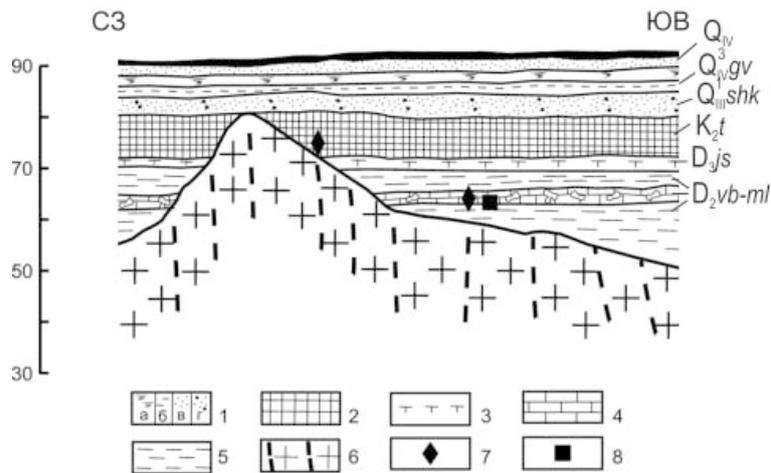


Рис. 4. Шкурлатовское барит-полиметаллическое рудопроявление. 1 — палеопочва (а), суглинки (б), алевриты (в), гравийные пески (г); 2 — писчий мел; 3 — туффиты; 4 — анкеритит; 5 — аргиллиты; 6 — граносиениты; 7 — барит; 8 — полиметаллы.

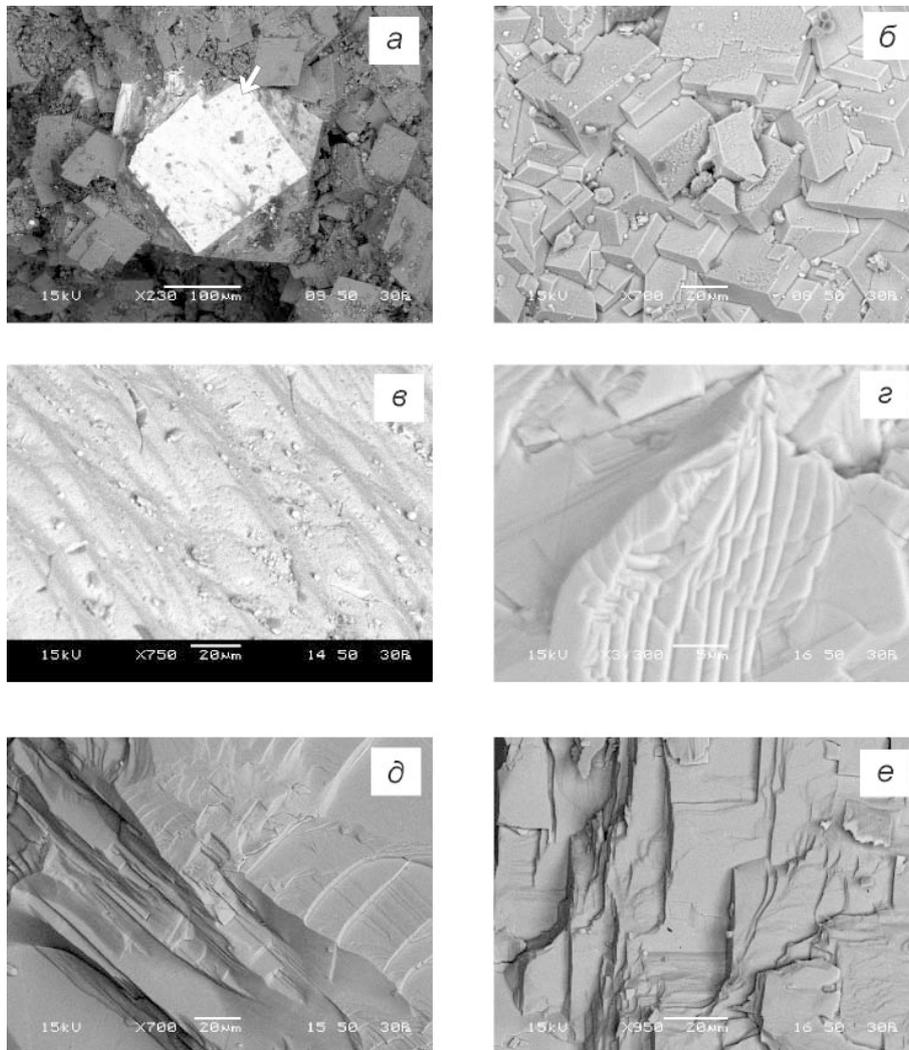


Рис. 5. Электронно-микроскопические снимки основных рудных и нерудных минералов Шкурлатовского барит-полиметаллического оруденения, относящиеся к альпийскому минерагеническому этапу. Условные обозначения: а — кристалл пирита в анкеритивом матриксе; б — кальцит; в — арагонит; г — сфалерит; д — барит из туронского писчего мела; е — барит из девонского кораллового биогерма.

мелких (0,01—0,04 мм) газово-жидких включений -76°C , декрепитации -112°C . В минерале встречены (вес. %): Ba — 63, Sr — 0,15, Al — 0,8, Ca — 3,2, Fe — 10, Si — 3,2, Mg — 1,0, Zn — 0,04, Na — 0,063.

Халькопирит установлен в виде кристаллических выделений размером до 2—3 мм. Кристаллы — тетраэдры с преобладающим развитием граней {112}, в отдельных индивидах выражены грани {011}. Некоторые кристаллы сдвойникованы.

Пирит отмечается в виде пентагондодекаэдров 5—6 мм в поперечнике, встречаются его натечные формы. Для него характерны повышенные количества As (0,63 %) и Ni (0,01 %). Спектральным анализом определены на пределе чувствительности метода (вес. %): Cu — 0,015, Pb — 0,0005, Co — 0,004, Zn — 0,08, Mg — 0,5, Mn — 0,012, Ba — 0,063, Al — 5, Ca — 2, Si — 2.

Наиболее распространенным нерудным минералом является кальцит — одиночные крупные кристаллы, сростки, натечные формы, присыпки, корки, жилки. Встречены прозрачные, белые, желтоватые, черные разности (последние в связи с высоким содержанием Mn). Длина кристаллов колеблется от 1—2 мм до 2 см. Состав кальцитов разнообразен. Особенно выделяются черные разности, образующие округлые натечные выделения в верхней части пласта метасоматита, где между девонскими и меловыми отложениями имеется маломощный прослой плотной сурки с гальками фосфоритов. В этом кальците больше примесей, чем в прозрачных разностях. Кроме отмеченных в таблице, встречены (%) Ag (5×10^{-6}), Ga (2×10^{-5}), Mo ($6,3 \times 10^{-5}$), Co (15×10^{-4}). Содержания марганца, свинца, ванадия, титана на порядок выше, чем в прозрачных кальцитах, но полностью отсутствуют стронций, установленный в последних.

Олигонит широко распространен. Его ромбоэдры, имеющие нередко из-за искажения кристаллографических форм конвертообразный габитус, рассеяны в основной массе породы, на внутренних поверхностях каверн, в полостях кораллитов. Размеры зерен минерала — не более 2 мм, сплошных масс — до 15 см и более. Обильная вкрапленность олигонита наблюдалась в кровле пласта анкеритита. Минерал кроме визуального определения подтвержден рентгеноструктурным анализом (аналитик Т.Ф. Грачева, ВГУ). Олигонит придает золотистый оттенок породе, облагораживая многие штуфы. Из-за этого пласт анкеритита интересен как источник камнецветного сырья.

Основным породообразующим минералом пласта кораллового метасоматита является *анкерит*. Он устанавливается рентгеноструктурным анализом по рефлексам 2,676; 2,546; 2,407; 2,195; 2,068; 2,018; 1,849; 1,809, 1,790 Å, значения которых находятся между значениями анкерита и доломита, тяготея все-таки к первому. Наличие анкерита доказывается также по сдвоенным рефлексам 1,790 и 1,809 Å, характерным только для него. Сам анкерит явился объектом детальных исследований. Выявлены его несколько разностей по результатам химического анализа. Различия химического состава разных частей рудного горизонта велики и касаются распределения закисного железа, окислов кальция и магния. Лишь в наименее затронутых наложенными процессами мраморовидной и глинистой разностях концентрации *CaO+MgO* превышают 35—40%, но и здесь закиси железа аномально много (8,28—11,10 %). Натрий, калий, фосфор, алюминий не обнаруживают связи с содержаниями основных окислов.

Геологические и минералого-петрографические признаки-индикаторы генезиса Шкурлатовского рудопоявления объединены в три группы: тектонические, текстуры руд, структуры руд. Первые подчеркнуты явной связью распределения рудного вещества с расстоянием до выступа граносиенитов. Концентрации полиметаллов возрастают, минеральный состав становится богаче по мере приближения к протрузии. В этом же направлении увеличивается насыщенность кальцитов цинком, марганцем, серебром, меняется их кристаллографический облик. Текстуры руд определены приуроченностью минералов к кавернам, образовавшимся в дорудную стадию. Последние отличаются многочисленными закрытыми трещинами, радикально расходящимися от каверн (ширина раскрытия 1—6 мм, длина от первых см до 10—12 см). Поверхность трещин занята рудными минералами, которые цементируют и остроугольные обломки породы на днищах пустот. Облик обломков позволяет отнести их к брекчиям гидротермальных взрывов, образующихся из-за резкого увеличения давления от вскипания растворов в пустотах. Эндогенное происхождение рудного вещества отразилось в друзовых структурах и своеобразных «структурах напыления» марматита на стенках каверн. Все эти данные позволяют судить о сложных процессах перераспределения вещества при формировании карбонатного метасоматита и нескольких источников его поступления. Вероятно, часть веществ (*Fe, Ba*) происходит из вмещающих

осадочных толщ; полиметаллы, медь, малые элементы пришли из относительно глубоких горизонтов земной коры. Это косвенно подтверждают данные: содержания элементов-примесей (*Zn, Pb, Cu, Sr, Ba*) практически одинаковы в надрудный, рудной (неминерализованные участки) и подрудной толщах. Подобные факты тоже свидетельствуют о том, что источник рудного вещества, скорее всего, расположен не во вмещающих породах, поскольку обогащение этим веществом основной массы анкеритита не произошло. Эпигенетические изменения выразились в переносе огромных масс марганца, содержание которого в метасоматите на порядок выше, чем во вмещающих аргиллитах. Содержится он преимущественно в олигоните и черных кальцитах.

Несомненно, возраст Шкурлатовского рудопроявления послетуронский, поскольку пещерный мел вмещает гнезда рыжих охр с баритом и сфалеритом. Верхняя возрастная граница открыта. Ею может быть время формирования мощного пласта непроницаемых для водных растворов глин гаврильских слоев верхнего валдая. Не исключено, что они являлись экраном при формировании рудных тел.

К описываемому типу, несомненно, должны быть отнесены скопления сфалерита в туфах ястребовского горизонта, известные по работе [8]. Во многих местах его распространения встречены обломки зерен сфалерита. В ястребовских вулканических брекчиях Б.А. Одокием установлено до 3 % цинка. В.М. Богдановым в одном из рудопроявлений отмечены церий (0,03—0,2 %) и лантан (0,01—0,51 %).

Большой интерес представляют [18] *кайнозойские эксгальционно-осадочные проявления ультратонкого золота и интерметаллидов*. Они встречаются в осадочных породах от девонского до четвертичного возраста и, несомненно, относятся к альпийской металлогенической эпохе. Первые данные о повышенных содержаниях золота в осадочных толщах антеклизы относятся к шестидесятым годам прошлого столетия [26]. В 1971—1972 годах на юго-востоке Воронежской антеклизы у села Русская Журавка Придонской экспедицией была исследована [13] золотоносная россыпь в низах палеогеновых образований. Обнаруженное в ней золото оказалось очень тонким (первые десятки мкм), а содержание от первых до 2,72 г/т. Запасы при бортовом содержании 10 мг/м³, были оценены в более чем 3 т. Обогащители отделения экспериментальных исследований ЦНИГРИ в Туле определили, что лишь 7—12 % Au размерности 30—

60 мкм находятся в породах в свободной форме, остальное связано глинистым веществом и глаукоцитом. Таким образом, впервые возникла проблема месторождений ультратонкого золота (УТЗ) в осадочном чехле, ее генетические, а не только технологические аспекты. Россыпь Русской Журавки показала, что скопления такого золота могут быть весьма крупными, привлекательными в коммерческом отношении, но весьма отличными от традиционных. Отметим хотя бы весьма малую размерность золотин, их неокатанность, приуроченность к самым ранним морфологическим типам, а также то, что породы палеогена, содержащие Au, абсолютно изолированы карбонатным субстратом верхнего мела от промежуточных девонских коллекторов и кристаллического фундамента, содержащего в небольших количествах коренное золото. Генезис рассматриваемого месторождения авторами отчета по разведке Русско-Журавского месторождения был признан осадочным, прибрежно-морским, россыпным, и никто в этом до начала 90-х годов прошлого столетия не сомневался.

Обескураживающие результаты технологических опытов начала 1970-х годов по экстракции воронежского ультратонкого золота надолго остановили исследования в пределах Центральной России. Они были возобновлены Воронежским университетом в 1994—1997 г., когда по заданию ЦРГЦ и инициативе Б.А. Яцкевича удалось опробовать 171 обнажение осадочных, преимущественно алевропесчаных, толщ, имеющих возраст от девонского до современного. Золото было встречено в 137 пунктах в количестве от единичных знаков до 3,8 г/м³ [18].

К этому этапу, возможно, относятся мощные солевые ореолы меди и никеля, выявленные Г.В. Зеленщиковым на юго-востоке. Один из таких ореолов локализован в девонских породах над интрузией гипербазитов «Липов куст» в пределах Мигулинско-Новохоперской зоны фанерозойской активизации. Соединения меди, находящиеся в солевой форме, обогащают весь разрез девона. Кроме меди, в сероцветной пачке повышено содержание никеля — $0,7 \times 10^{-2}$.

Участки с повышенным содержанием Cu и Ni, тяготея в целом к локальному выступу фундамента, подчеркивают простирание пород докембрия и имеют тенденцию расширяться вверх по разрезу. При этом средние содержания элементов почти не меняются, оставаясь примерно одинаковыми в образованиях докембрия, среднего и верхнего девона.

Содержания меди до 0,5 % в осадочных породах делают практически интересным этот не вполне обычный тип оруденения, видимо, близкий медистым песчаникам, проявления и месторождения которых на платформе описывались А.Л. Лурье [11], Л.Ф. Наркелюном с соавторами [14], а в последнее время В.Г. Чайкиным и др. [23]. Высокая подвижность элементов обусловлена здесь положением интрузива в пределах зоны фанерозойской активизации с ее многократным раскрытием, интенсивной циркуляцией подземных вод, переносящих рудные компоненты. Все это позволяет поновому взглянуть на перспективность осадочного чехла над интрузиями гипербазитов Воронежской антеклизы, имея в виду возможность открытия в нем рудопроявлений, подобных Шумилинскому. Одно из них, связанное с Подколодновским объектом характеризовалось в свое время А.С. Агейкиным, Н.М. Чернышовым и др. [1]. Еще 1960-е г.г. Придонской экспедицией при оценке раннепротерозойского проявления медно-никелевых руд у с. Подколодновка (Богучарский район, Воронежская область) было открыта интересная стратиформная залежь и в осадочном чехле. Рудоносные песчаники обнаружены в основании разреза песчано-каолиновой мамонской толщи среднего франа-фамена. Кварц-полевошпатовые песчаники содержали бравоит (Fr, Ni, Co) S_2 и пирит в тесном сростании друг с другом (их было в сумме 55—60 % от общей доли сульфидов), халькопирит (25—30 %), арсенипирит (10—12 %). Всего в пласте рудоносных песчаников содержание сульфидов составляло 30-35% от объема породы. Рудный пласт имел среднюю мощность 0,2—0,3 м. Содержания рудных элементов сильно варьировали. Например, по скважине 229а были получены результаты (%): Ni — 0,4; Cu — 0,7; Co — 0,04; Hg — 0,01; Cd — 0,01. Высокое содержание летучей ртути, мантийного металла, ныне принято связывать с поздними флюидными процессами [6]. Стоит заметить, что в работе [23] местоположение этого важного проявления осадочного чехла Воронежской антеклизы дано неверно.

Рассмотрение положения названных рудопроявлений в системе макротрещиноватости юго-востока региона позволило выявить ряд перспективных площадей, где череда подобных находок может быть продолжена.

ВЫВОДЫ

1. Территория Воронежской антеклизы характеризуется разнообразным, переменчивым рисун-

ком макротрещиноватости, относимой к пяти самостоятельным типам (весьма изотропной; изотропной; макротрещиноватости с преобладанием СЗ направлений, согласных с простиранием основных тектонических структур; макротрещиноватости с преобладанием северо-восточных направлений, секущих по отношению к основным тектоническим структурам; макротрещиноватости с преобладанием широтных направлений). Особенности каждого из них predeterminedены пространственным положением районов их распространения по отношению к обрамляющим антеклизу авлакогенам. Минерагеническая интерпретация выделяемых аномалий в комплексе с аналитическими исследованиями позволяет прогнозировать экономически значимые скопления рудного вещества. Последние могут принадлежать нескольким генетическим и морфологическим типам: прожилково-вкрапленных руд в каменноугольных известняках с мощностью рудоносных тел до 60 м и более и содержаниями Zn до 1,12 %, Pb — до 0,35 %; метасоматическим линзообразным залежам в зонах развития выщелоченных и брекчированных пород, где количество сульфидов полиметаллов достигает 50 % от их объема, в т.ч. Zn — до 3 % и более, Pb — до 0,5 %; жильным телам, в виде халцедон-карбонатных и карбонатных жил с вкрапленностью сульфидов. Большой интерес представляют обнаруженные солевые ореолы меди и никеля в песчаниках мамонской толщи среднего франа-фамена, баритсфалеритовые проявления в живетском биогерме. Особой статьей являются мелкие блоки фундамента шкурлатовского типа, поднятые тектоническими движениями фанерозоя в осадочный чехол. Они представляют особый интерес как потенциальные месторождения высококачественных каменных строительных материалов.

2. Максимумы плотности макротрещин (и длины, и плотности) повсеместно тяготеют к известным рудным районам осадочного чехла (Белгородско-Миллеровскому, Курскому, Восточно-Воронежскому), при том, что минимумы приходится на безрудные площади архейских срединных массивов — Курско-Карачаевский, Сумской и т.д. Эта закономерность позволила рекомендовать для опоскования на полиметаллы и медистые песчаники несколько новых площадей юго-западного склона. Весьма интересным и новым результатом настоящей работы представляется обнаружение выраженной поперечной зональности юго-западного склона. Она проявлена в полосовой изменчивости плотностных параметров макротрещиноватости:

Белгородская, Волоконовско-Краснолиманская, Вейделевско-Белолуцкая, Северо-Богучарская зоны максимальных значений разделяют площади с очень низкими аналогичными индексами. В том, что мы в данном случае явно имеем дело с рудо-контролирующими структурами, убеждает приуроченность к названным зонам всех основных проявлений полиметаллов в известняках башкирского яруса. А раз это так, то основной практической рекомендацией должно явиться смещение внимания исследователей к центральным осевым частям названных зон.

3. Выявленная структурная приуроченность куполов граносиенитов на юго-востоке Воронежской антеклизы к дешифрирующимся на КФС узлам пересечения сдвигов позволяет рекомендовать семь участков для постановки поисковых работ на качественные каменные строительные материалы, связанные с мелкими блоками фундамента, поднятыми в осадочный чехол тектоническими движениями фанерозоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агейкин А.С., Чернышов Н.М., Молотков С.П., Буковшин В.В. Медная и никелевая минерализация в терригенных отложениях верхнего девона на юго-востоке Воронежской области // Сов. геол., 1968, № 1. — С. 122—125.
2. Алексеева Л.И., Арсланов Х.А., Гей Н.А. и др. Радиоуглеродное датирование основных этапов геологического развития Среднего Дона в позднем плейстоцене и голоцене // Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Геохронология четвертичного периода». — Таллин: ЭК «ВИТ», 1985. — С. 44.
3. Афанасьев Н.С., Египко О.И., Кривцов И.И., Павловский В.И. К вопросу о геологическом строении юго-восточной части Воронежского кристаллического массива (по данным геофизических и геологических исследований) // Материалы по геологии и полезным ископаемым центральных районов Европейской части СССР. — М.: Недра, 1970. — В. 6. — С. 17—25.
4. Быков И.Н. Верхнедевонские базальты юго-восточной части Воронежской антеклизы. Воронеж, ВГУ, 1975. — 134 с.
5. Зеленищев Г.В., Давыденко Д.В. Анализ блоковой тектоники юго-восточного склона Воронежского кристаллического массива // Геотектоника, 1978, № 3. — С. 38—48.
6. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырёв Л.Т. Тектоника и алмазоносный магматизм. Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-та, 2004. — 426 с.
7. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырёв Л.Т. Историческая минерагения. Т. 1. Введение в историческую минерагению. Воронеж изд-во ВГУ, 2005. В трех томах. — 587 с.
8. Канцеров В.А. Ильменитоносные вулканогенно-осадочные породы позднего девона юго-востока Воронежской антеклизы. — Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. Харьков. — 1984. — 23 с.
9. Копп М.Л. Новейшие деформации Скифской и юга Восточно-Европейской платформы как результат давления Аравийской плиты // Геотектоника, 2000, № 2. — С. 26—42.
10. Лукьянов В.Ф. Тектоника палеозойского осадочного чехла юго-восточной части Воронежской антеклизы. Дисс. канд. геол.-мин. наук. — Воронеж, 1972. — 284 с.
11. Лурье А.М. Меденосность осадочного чехла Русской платформы // Рудоносность Русской платформы. М.: Наука, 1965. — С. 156—165.
12. Милашев В.А. Структуры кимберлитовых полей. Ленинград, Недра, 1979. — 183 с.
13. Митина Е.М., Матвеева И.А., Пухонин А.И. Отчет о поисково-ревизионных работах по оценке перспектив золотоносности отложений осадочного чехла (Русская Журавка) и кристаллических пород (Мамонский участок) на юго-востоке Воронежской антеклизы // Фонды ГГП Воронежгеология, Воронеж, 1973, № 952. — 430 с.
14. Наркелюн Л.Ф., Салихов В.С., Трубаков А.И. Медистые песчаники и сланцы Мира. М.: Недра, 1983. — 414 с.
15. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Дис. д-ра ... геол.-мин. н. М., 1970. — 650 с.
16. Раскатов Г.И., Лукьянов В.Ф., Старухин А.А. и др. Тектоника восточной части Воронежского кристаллического массива и его осадочного чехла. — Воронеж, изд-во Воронеж. ун-та. — 1976. — 120 с.
17. Ружицкий В.О., Быков И.Н., Точилин Н.С., Курьлева Н.А., Молотков С.П. Эксплозивная ультраосновная брекчия Русской платформы // ДАН СССР, 1965. — Т. 162. — № 6. — С. 1367—1369.
18. Савко А.Д., Шевырёв Л.Т. Ультратонкое золото // Тр. НИИ геологии ВГУ. Вып. 6. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2001. — 151 с.
19. Сим Л.А. Неотектонические напряжения Восточно-Европейской платформы и структур обрамления. Автореф. дис. д-ра геол.-мин. наук, М., 1996. — 41 с.
20. Старухин А.А. Неотектоника восточного крыла Среднерусской антеклизы и прилегающей части Окско-Донской впадины. Автореф. дис. к-та геол.-мин. н., 1973. — 25 с.
21. Трегуб А.И., Жаворонкин О.В. Морфометрия современной поверхности и неотектоническая структура территории ВКМ // Вестн. ВГУ, сер. Геол., 2000, № 9. — С. 19—26.
22. Трегуб А.И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива. Труды НИИ Геологии ВГУ, 2002, Вып. 9. — 220 с.
23. Чайкин В.Г., Глебашов С.Г., Месхи А.М., Закирова Ф.А. Рудные формации меди и благородных металлов

фанерозоя Восточно-Европейской платформы // Геол. рудн. мест., 2004, т. 46, № 6. — С. 552—564.

24. Шевырёв Л.Т. Геологическое развитие Воронежской антеклизы. Дис. д-ра геол.-мин. н., М., 1989. — 650 с.

25. Шевырёв С.Л. Полиметаллическое оруденение в осадочном чехле южного крыла Воронежской антеклизы — условия локализации, прогнозные оценки

прилегающих площадей по прецизионным дистанционным материалам // Вестник ВГУ, Серия Геология, 2006, № 1. — С. 114—121.

26. Ясырев А.П. О золотоносности мезозойских желваковых фосфоритов Русской платформы // ДАН СССР, 1968, Т. 165, № 6. — С. 1354—1357.

Поступила в редакцию 30.11.06 г.