

УДК 550.84:553.4+552.1.53

## МЕТОДОЛОГИЯ ГЛУБИННОГО ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

### Статья 3. Анализ основных этапов и результатов геолого-геофизического картирования кристаллических образований докембрия и перспективы его совершенствования (на примере Воронежского кристаллического массива)

Н.С. Афанасьев, И.А. Жаворонкин\*, И.И. Кривцов\*

*Воронежский государственный университет*

*\*ФГУПП "Воронежгеология"*

Основным условием повышения результативности исследований геологического строения кристаллической коры территорий подобных ВКМ является совершенствование методик и в целом методологии системного анализа широкой гаммы информации. Многолетний опыт геокартирования ВКМ показал, что положительный результат достигается лишь на основе поэтапного и сопряженного развития всей группы необходимых и взаимодостаточных методов в рамках геофизики, геологии и петрофизики. Более того, поскольку приоритет в изучении регионов подобных ВКМ принадлежит геофизике, только через создание петрофизических образов соподчиненной иерархии геологических объектов и явлений представляется возможным обеспечить непротиворечивую геологическую интерпретацию геофизических полей в различных приложениях и аспектах. Поставленная проблема очень многоплановая и в данной статье рассматривается достигнутый результат и сохраняющиеся ограничения в области структурно-вещественного картирования стратифицированного уровня кристаллической коры. Как итог формулируются методологические рекомендации дальнейшего развития геолого-геофизических и петрофизических исследований в регионе с позиции оптимальной фрагментации консолидированной коры региона.

Постановка и обсуждение проблемы диктуется следующими обстоятельствами: в 1998 г. [1] принят современный вариант геологической карты докембрия ВКМ и на основе ее подготовлены различные специализированные приложения, включая схемы металлогенического прогноза. Разработанные документы, многочисленные достаточно противоречивые публикации по данной проблематике, приводят к выводу о необходимости конкретизации целого ряда слабо или вовсе неаргументированных в них положений, или не получивших развития относительно более ранних работ (см. таблицу). Прежде всего, сопоставление схем 1998 и 1972 гг. указывает на недоучет, вернее потерю преемственности, в использовании выработанных временем основных методологических принципов выделения структурно-вещественных подразделений в процессе картирования фундамента в условиях ВКМ. Остановимся лишь на нескольких примерах. Все metabazites во всех соподчиненных объектах геоблока КМА, да и в целом ВКМ при их явной гетерогенности и петрофизической дифференциации, отнесены только к михайловской серии верхнего архея, реально же они ассоциируют с различными стратиграфическими и геоструктурными таксонами. Немалая их часть, складчатая и синхронно преобразо-

ванная с гнейсами раннего архея (обоянской серии AR<sub>1</sub>, об), является протопродуктами первичного раннеархейского конструктивного этапа короформирования. Амфиболиты, ассоциирующие с различными по составу сланцами, микрогнейсами, железистыми кварцитами, судя по их геологической позиции-неразрывному сонахождению и структуроформированию с образованиями курской серии, особенностям проявления в геофизических полях, неоднозначной возрастной привязке, скорее всего представляют вулканогенные образования нижнепротерозойских образований (по существу той же курской серии), но уже деструктивного тектогенеза. В общем случае приписывание телам амфиболитов, обладающих высокой плотностью, знакопеременной намагниченностью (низкая намагниченность амфиболитов, развитых в протогеосинклинальных зонах совместно с образованиями курской серии и достаточно повышенная - для амфиболитов, ассоциирующих с мигматит-гнейсовым комплексом архея), индекса александровской свиты (AR<sub>2</sub>, mh<sub>1</sub><sup>1</sup>) и довольно больших мощностей противоречит слабой их выраженности или ее отсутствию в гравитационном и магнитном полях. Во всяком случае, вопрос о существовании михайловской серии вплоть до ее наличия в большинстве мест ее «рисовки» пока остается дале-

Таблица

Сопоставление корреляционных стратиграфических схем докембрийских супракристалльных и магматических образований Воронежского кристаллического массива (ВКМ) 1998 года и 1972 года, дополненную в 1977-1982 годах

Хроностратиграфические подразделения	Схема 1998 года		Схема 1972 года		Примечания Уточнения в схеме 1999 и их критерии в отличие от схемы 1972
	Супракристалльные толщи	Магматические ультраметаморфические комплексы	Супракристалльные толщи	Магматические ультраметаморфические комплексы	
П Р О Т Е Р О З О Й		Дубравинский комплекс, в PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> d- метасоматиты (апатитсодержащие) по щелочным (чаще эгиринизированным) пироксенитам щелочноамфиболовые, микролинизированные; карбонатиты, фениты.		Дубравинский- в PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> d- метасоматиты (апатитсодержащие) по щелочным (чаще эгиринизированным) пироксенитам- щелочноамфиболовые, микролинизированные; карбонатиты, фениты	Объекты дубравинского комплекса характеризуются высокими петромагнитными параметрами, при преобладании остаточной компоненты. При достаточной точности магнитных съемок и учете положения объектов в связи с особенностями фрагментации фундамента могут уверенно фиксироваться в магнитных полях.
			Шебекинский комплекс-ξ PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> Сиениты, габбро-пироксениты, иногда эгиринизированные габбро		Шебекинский комплекс-ξ PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> Сиениты, габбро-пироксениты, иногда эгиринизированные габбро
В е р х н и й к а р е л и й	Паннская толща- тР PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> рп. Метатрахибазальты, метатрахиандезиты.	Артошкинский комплекс- ξ PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> Сиениты пироксен-рибекитовые с ксенолитами субщелочных пироксенитов	Паннская толща- тР PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> Метатрахибазальты, метатрахиандезиты.	Артошкинский комплекс- ξ PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> Сиениты пироксен-рибекитовые с ксенолитами субщелочных пироксенитов	Паннская толща и артошкинский комплекс выявлены случайно, изучены фрагментарно. Новые объекты не могут быть установлены по данной фактуре.
	Глазуновская свита PR <sub>1</sub> g  Базальты афировые и плагиоафировые, порфириты диабазовые и андезитовые, их пирокласты-туфы, туффиты и др.	Малновский комплекс - ε PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> m  Граниты существенно калиевые, субщелочные, порфиритовые, пегматоидные, пегматиты, гранит-аплиты		Атаманский комплекс-γ PR <sub>1</sub> ат-Граниты субщелочные биотитовые, рPR <sub>1</sub> <sup>2</sup> ат граниты пегматоидные существенно калиевые второй фазы комплекса 1740±40 млн	Малновский комплекс по петрофизическим и геологическим данным абсолютно не опосредован, в геофизических полях не распознается. В выделении комплекса нет смысла.









Продолжение таблицы

<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Сергеевский комплекс- в <math>\lambda</math>, AR<sub>2</sub> s Ортоамфиболиты, горнблендиты, габбро-амфиболиты</p>	<p>Первоначально комплекс установлен среди гнейс-мигматитов Россошанского блока и Павловского гранитоидного поля, отнесен к верхнему архею. По результатам последующих работ, судя по его взаимоотношению с образованиями раннего архея, геолого-геофизическим и петрофизическим параметрам.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Салтыковский комплекс- р<sub>1</sub>, у AR<sub>2</sub> sl. Плагиограниты, гранодиориты, мигматиты иногда микроклинизированные. Во второй фазе-граниты и мигматиты у AR<sub>2</sub> sl; 2760-2955±40 млн. лет.</p>	<p>Салтыковский комплекс- р<sub>1</sub>, у AR<sub>2</sub> sl. Плагиограниты, гранодиориты, мигматиты иногда микроклинизированные. Во второй фазе-граниты и мигматиты у AR<sub>2</sub> sl; 2760-2955±40 млн. лет.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Сергеевский комплекс- в <math>\lambda</math>, AR<sub>2</sub> s. Серпентиниты, серпентинизированные ультрабазиты, горнблендиты, габбро-амфиболиты, габбро.</p>	<p>Бесединский комплекс- AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Александровская AR<sub>2</sub> al. Ортоамфиболиты и сланцы, прслои кварц-магнетит-пироксеновых пород с линзами железистых кварцитов.</p>	<p>Александровская AR<sub>2</sub> al. Ортоамфиболиты и сланцы. прслои кварц-магнетит-пироксеновых пород с линзами железистых кварцитов.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс- в AR<sub>2</sub> bg. Ортоамфиболиты, горнблендиты, габбро-амфиболиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Бесединский комплекс- в в AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Бесединский комплекс- в в AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Бесединский комплекс- в в AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Бесединский комплекс- в в AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Бесединский комплекс- в в AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Бесединский комплекс- в в AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>
<p>А Р Х Е Й</p>	<p>В Е Р Х Н И Й</p>	<p>С Е Р И Я</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе лебединская AR<sub>2</sub> lb и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Архей-AR<sub>1,2</sub> нерасчлененный в том числе AR<sub>2</sub> lb лебединская и AR<sub>2</sub> al александровская свиты.</p>	<p>Бесединский комплекс- в в AR<sub>1</sub> bs. Перидотиты, пироксениты, габбро роговообманковые, анортозиты.</p>	<p>Белогорьевский комплекс в схеме 1972 описан как сергеевский комплекс.</p>

леко не решенным. Недостаточно аргументировано стратиграфическое положение, объем, ранг, в целом геолого-тектоническая позиция ряда других подразделений: лосевской серии, которая с момента ее выделения в качестве нижней свиты воронцовской серии время от времени, на основе выдвигаемых, но слабо обоснованных представлений, рассматривается то в составе раннего протерозоя, то архея; воронежской  $PR_{1vг}$  (первоначально грязинской, далее байгоровской, сейчас воронежской); черносланцевой толщи тимской свиты (ее положение в основании вулканогенной части разреза -  $PR_{1tm_1}$  противоречит совместной сочетаемости черных сланцев и мтаэффузивов [1,2,3]).

Еще к более сложной, системно незавершенной, а часто просто декларированной относится проблема выделения, пространственно-временной идентификации магматических комплексов и всех вытекающих отсюда следствий (геотектонических, металлогенических и др.). Во-первых, многие комплексы выделены на основе бытующих на данный момент, но скоротечно меняющихся общегеологических и геотектонических предположений, слабо или вовсе не подтверждены фактическими материалами, представлены одним, редко двумя телами (Шебекинский- $\xi$   $PR_1^2$ , Артюшкинский  $\xi_{п}PR_1^2$ , Лискинский  $\gamma$   $Pr_1^1$  Is, Смородинский  $PR_1^1 sm$ , Шукавский  $PR_1^1 sh$ , Золотухинский,  $v$   $PR_1^1 z$ , Остаповский  $\gamma, \gamma \xi$   $\gamma_{п} PR_1^1 ost$ , Ольховский  $PR_1^1 ol$ , Малиновский  $\gamma$   $PR_1^1 ml$ , Рождественский  $\lambda, v$   $PR_1^1 r$ , Белогорьевский  $v AR_2^1 b$ ). Кроме этого, не исключено, что Бесединский  $v, \lambda$   $AR_2^1 b$ , и Сергиевский комплексы  $v, \lambda$   $AR_2^1 s$ , одно и то же (только в разных блоках вскрыты или преобладают иные фазовые эквиваленты этих объектов). Во-вторых, для всех перечисленных и других комплексов почти нет разработанных критериев петрофизического геохимического и как следствие геофизического опознавания или разграничения в пределах различных структур. Именно по этой причине последние так и остаются представленными только своими прототипами или просто неопределенными петрографическими разновидностями (Золотухинский, Малиновский и др. комплексы, см. таблицу, [1]).

На геологических картах 1998-1999 для многих геоблоков из их структурно-вещественной характеристики практически исключена структуроформирующая вещественная составляющая - раннеархейская метабазитовая (Брянский, Россошанский, Ливненско-Ефремовский, Центральный КМА и другие преимущественно раннеархейские сегменты ВКМ).

Как не парадоксально, но в очередной раз следует подчеркнуть, что для получения обоснованных и надежных геолого-геофизических материалов, отражающих основные стороны стратиграфии, тектоники и геодинамики, магматизма, метаморфизма, металлогении, глубинного строения кристаллической коры требуется комплексная систематизация и по сути адекватное пополнение геолого-

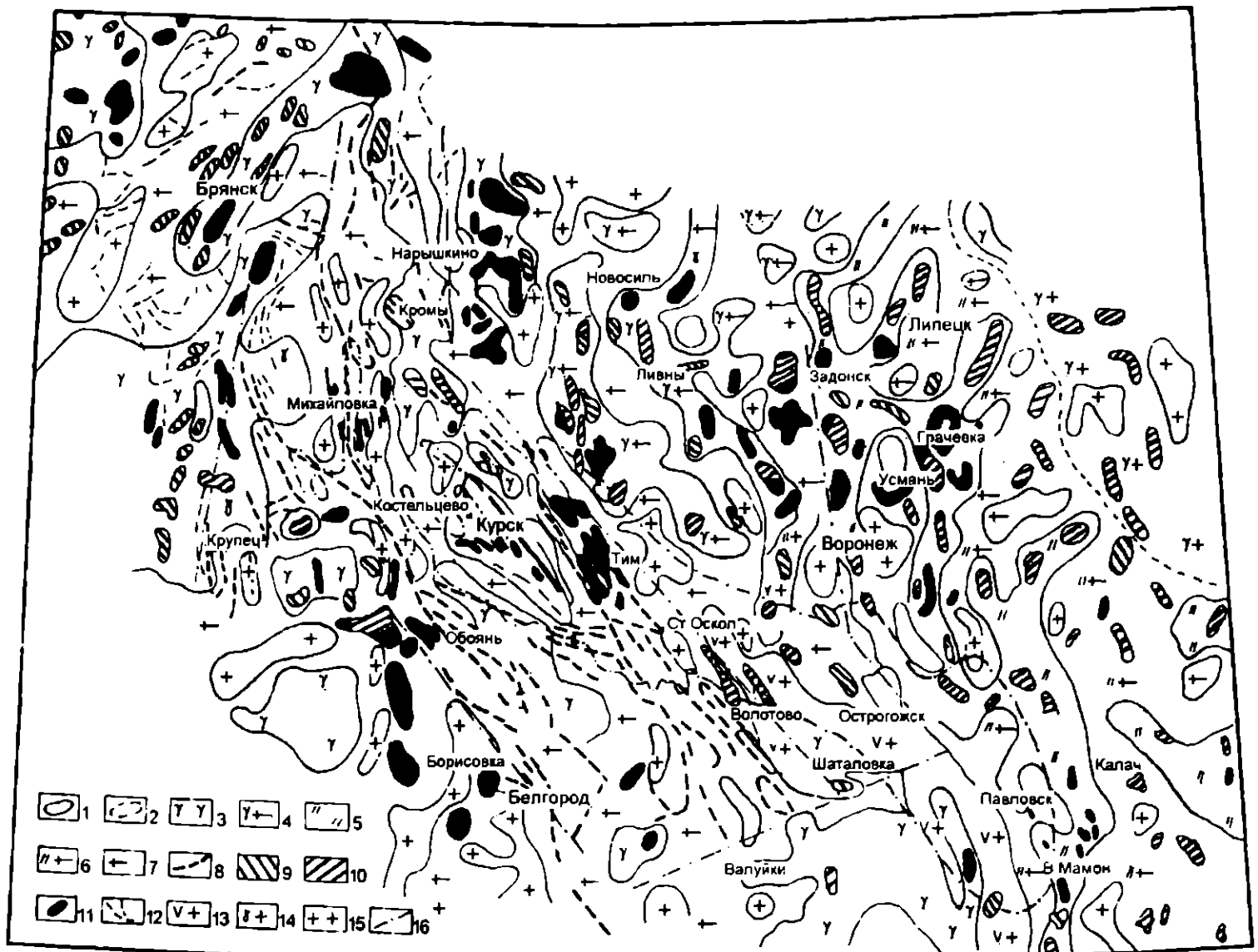
геофизической и петрофизической информации, ее содержательное осовременивание, смысловое углубление и развитая методология системного анализа. Подобная посылка вытекает из практики изучения кристаллической коры ВКМ на различных ее отрезках и зафиксированной в результативных документах (геолого-геофизических, геологических схемах и картах, моделях строения земной коры). Именно в содержании этих и других материалов отражены основные принципы структурно-вещественного картирования докембрийских образований. По итогам каждого из этапов исследований до определенного периода (примерно до середины 80-х гг.) всеми исследователями ставились задачи для последующего пополнения эмпирических данных и корректировки методических подходов для устойчивого структурно-вещественного разграничения соподчиненных объектов земной коры и верхов мантии, для заданных масштабов и целей исследований.

Одним из ведущих факторов в повышении результативности геолого-геофизического картирования докембрийских образований ВКМ, было требование значительного углубления исследований физических свойств объектов кристаллической коры в комплексе геолого-геофизических методов. Структурно-вещественная изученность кристаллической коры ВКМ строго коррелируется с одновременным развитием и внедрением геолого-геофизических и петрофизических исследований, созданием петрофизических образов объектов, установлением критериев распознавания последних в соответствующих спектрах геофизических полей предварительно на эталонных площадях и далее на слабо опосредованных или вовсе неопосредованных бурением территориях. Ведущие аспекты методологии глубинного изучения земной коры в обобщенном виде рассматриваются в статьях [4,5,6], а некоторые частные вопросы в публикациях, затрагивающих вопросы применения петрофизики при истолковании особенностей строения кристаллических образований земной коры для конкретных обстановок [7-10].

Остановимся более подробно на основополагающих моментах разработки методологии изучения кристаллических образований ВКМ в процессе пополнения информационной базы и знаний об особенностях состава и строения докембрия. Известно, что до установления природы магнитных аномалий КМА докембрийский фундамент всего массива представлялся гранитоидными ассоциациями, аналогичными группе Павловских обнажений, описанных в работах многих авторов, вклад которых подробно рассмотрен О.И. Египко [11].

По материалам работ ОККМА, А.Д. Архангельским и соавторами [12-14.], В.И. Лучицким [15] и другими авторами, с учетом характеристик физических свойств горных пород, полученных в соответствующий период, предложены определенные подходы геологической интерпретации гравиметрических и магнитометрических материалов (оси магнитных аномалий увязываются со складчатыми





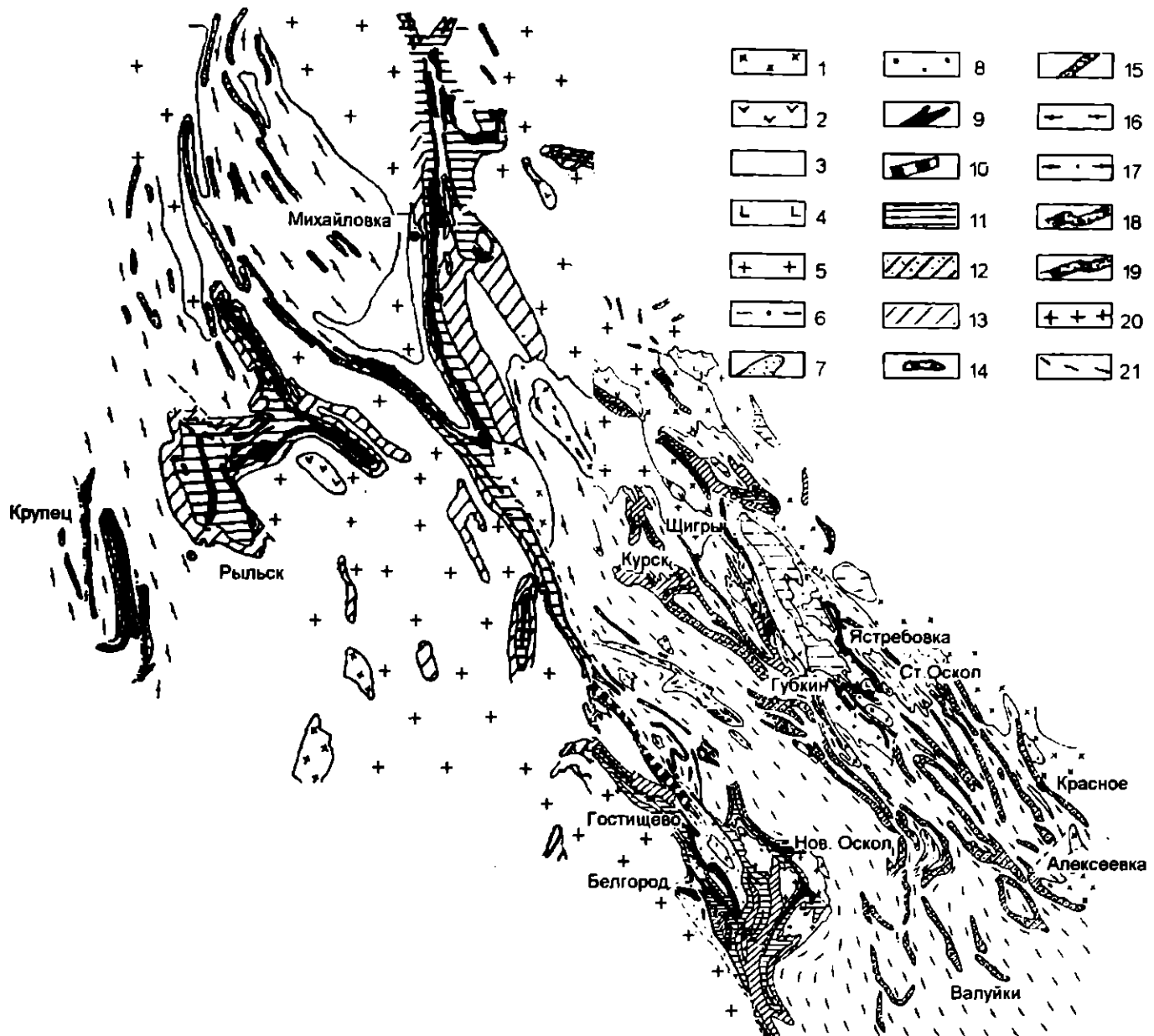
**Рис. 1. Схема петрофизического расчленения верхней части кристаллического фундамента Воронежской антеклизы [28]:** 1 - границы, контуры распространения пород; 2 - границы контуров распространения пород неуверенные; 3 - зоны плотных, иногда слабомагнитных пород; 4 - зоны пониженной плотности, местами слабо и среднемагнитных пород - мигматизированные гнейсы; 5 - зоны средней плотности немагнитных пород - сланцы биотитовые; 6 - зоны повышенной плотности немагнитных пород - мигматизированные сланцы или сланцы разного состава низкой плотности; 7 - зоны пород пониженной и низкой плотности, местами слабо и среднемагнитных-мигматиты; 8 - зоны очень плотных и высокомагнитных пород-сланцы, железистые кварциты, амфиболиты и другие породы курской и михайловской метаморфических серий (вне масштаба); 9 - зоны средне- и высокомагнитных пород - петрографически нерасчлененные породы основного и ультраосновного состава; 10 - зоны очень плотных немагнитных пород - петрографически нерасчлененные породы основного и ультраосновного состава; 11 - зоны очень плотных и магнитных пород - петрографически нерасчлененные породы основного и ультраосновного состава; 12 - зоны магнитных петрографически неотжестеленных пород; 13 - зоны магнитных пород средней и низкой плотности - гибридные породы кислого и среднего состава; 14 - зоны пород низкой и средней плотности, иногда слабомагнитных - гранитоиды; 15 - зоны немагнитных пород низкой плотности-граниты; 16 - зоны предполагаемых основных разрывных нарушений - границы главных блоков в фундаменте; 17 - изогипсы кровли фундамента.

комплексами фундамента, включающими железорудные линейные структуры, а области с мозаичным строением полей (с древними архейскими блоками массива). В стратиграфии докембрия Старооскольского района, относительно железорудных образований, выделяются верхний, средний и нижний отделы. Отмечается общность рудоносных кварцитов КМА с криворожской серией УКЩ. Однако на официально изданных картах докембрий ВКМ все еще представляется гранитоидными составами [16].

Результаты исследований ОККМА послужили генератором и основой к постановке и широкого развертывания в 30-40 гг. геолого-геофизических съемок, а так же измерений физических свойств, установленных бурением горных пород - на первых порах магнитной восприимчивости, плотности, не-

сколько позже других физических характеристик. Регулярные измерения физических свойств горных пород с интерпретационными целями стали осуществляться на ВКМ с 1949 г. силами региональной геолого-геофизической экспедиции Центргеологии. В начале 60-х гг. на достаточно полной базе геофизических, геологических съемок и некоторого объема измерений физических свойств горных пород чехла и докембрия построены карта петрографического состава фундамента центральной части Восточно-Европейской платформы (рис. 1) и геологическая карта территории КМА (рис. 2).

Приведенные материалы показывают, что при достигнутом уровне исследований, геологические объекты в геофизических полях фиксируются очень неоднозначно. В частности, на рис. 1, сгруппирован-



**Рис. 2. Геологическая карта докембрийских образований Курской магнитной аномалии (составили: В.Д. Полищук, Н.И. Голивкин, Ю.С. Зайцев, дополнения Н.А. Плаксенко). Верхний протерозой: 1 - нерасчлененные проблематично нижнепротерозойские и верхнепротерозойские розовые граниты; 2 - габбро, габбро-нориты, габбро-диабазы, диабазы, диабазовые порфириды. Нижний протерозой: Стойло-Николаевский комплекс: 3 - сиениты, граносиениты; 4 - эпидиабазы, диабазовые порфириды, диорит-порфириды, габбро, габбро-диабазы, габбро-амфиболиты, габбро-диориты, диориты, метаультрабазиты (горнblendиты и тальк-амфиболовые ортосланцы); 5 - плагиограниты и их мигматиты (осколецкий тип). Курская метаморфическая серия: 6 - тимская свита - амфиболиты, микродиабазовые порфириды, кварц-актинолитовые сланцы, углистые сланцы, иногда шунгиты; 7 - курбакинская свита-метаморфизованные кварцевые порфиры и их туфы, туффиты, седиментационные брекчии и др.; 8 - нерасчлененная свита (верхняя) - конгломераты, метапесчаники, алевролиты, железистые кварциты, филлитовидные и гранат-биотитовые сланцы, известняки и доломиты; 9 - средняя свита ( $K_2$ ) - железистые кварциты, иногда с прослоями филлитовидных сланцев; 10 - нерасчлененные нижняя и средняя свиты ( $K_1+K_2$ ); 11 - нижняя свита - конгломераты, метапесчаники, слюдяные и филлитовидные сланцы. Михайловская серия (метабазитовая): 12 - михайловская и курская серии нерасчлененные; 13 - амфиболиты эпидот-роговообманковые, альбит-эпидот-хлоритовые, кварц-хлорит-биотитовые сланцы, кератофиры, альбитовые порфириды и их туфы, роговики и метапесчаники; 14 - железистые кварциты. Архей: 15 - железистые кварциты предположительно архейского возраста, обоянская серия -  $AR_{1,ob}$ ; 16 - гнейсы преимущественно биотит-плагиоклазовые, реже амфиболовые; 17 - амфиболиты, амфибол-биотитовые плагиогнейсы, плагиограниты и другие породы; 18 - железистые кварциты; 19 - железистые кварциты проблематично обоянской серии; 20 - нерасчлененный комплекс плагиогранитов и их мигматитов; 21 - линии тектонического контакта.**

ные с учетом полученных значений физических свойств, объекты описываются как: зоны петрографически нерасчлененных средне и высокомагнитных пород основного и ультраосновного состава, зоны магнитных пород средней и низкой плотности (гибридные породы кислого и среднего состава, другие подразделения). На рис.2 в единую ассоциацию объединены амфиболиты, амфибол-биотитовые плагиогнейсы, плагиограниты и другие породы или нерасчлененный комплекс плагиогранитов и их мигматитов. По достигнутым результатам авторы

вышеупомянутых работ и другие ведущие исследователи региона, подводя итог в целом всем предшествующим методологическим разработкам геолого-геофизического картирования ВКМ, ставят задачи разработки иных подходов и принципов для изучения его геологии. Такие требования особенно наглядно определились в связи с осуществлением геолого-геофизических съемок в юго-восточных районах ВКМ с малоамплитудными, сложной морфологии полями.

Авторы данных материалов отмечают, что результативность геолого-геофизических работ в подобных условиях, помимо совершенствования и дополнения традиционных геолого-геофизических методов их новыми модификациями, напрямую зависит от степени изученности физических свойств пород на петрофизическом уровне, т.е. на основе параллельного (системного) получения физических свойств, минерального состава (в шлифах и аншлифах), силикатного химического и спектрального составов, некоторых более тонких параметров минералов на одних и тех же образцах с учетом генетической, геоструктурной позиции объектов. Подобный подход определяет сущность петрофизики, особенно (как это установлено в последующих работах) ее применений в качестве основы геологической интерпретации геофизических материалов, тем более в условиях, где фундамент перекрыт достаточно мощным осадочным чехлом и где только петрофизическая группировка (классификация) горных пород фундамента и чехла способны обеспечить необходимую достаточность интерпретации материалов геофизики - прямое и опосредованное (через установление особенностей отражения геологических процессов в системе петрофизических показателей). Отметим некоторые итоги целевого обобщения и анализа петрофизических данных в аспекте их развития в регионе применительно к геокартированию. Параллельная интенсификация геолого-геофизических и петрофизических исследований к концу 60-х гг. позволили наметить пути совершенствования принципов картирования кристаллических образований в условиях ВКМ. При этом особая роль принадлежит выявлению региональных закономерностей изменения петрофизических характеристик в связи с конкретными геопроцессами, включая метаморфно-метасоматические преобразования, направленность дифференциации магматических пород, их формационной и стратиграфотектонической принадлежности. Для наиболее распространенных представителей типов пород из соподчиненных геоблоков кристаллической коры (Эртель-Калачского геоблока ВКМ, подвижных структур КМА или нижнеархейских срединных массивов) на фоне обобщенных характеристик, раскрыты некоторые причины их вариаций. В частности, установлено изменение плотности и скорости распространения продольных волн (падение) и магнитных свойств (увеличение) в зависимости от интенсивности серпентинизации перидотитов, или амфиболизации пироксенитов, разноориентированное смещение диапазонов физических свойств для метабазитов из различных блоков и возрастной принадлежности, предельно высокие колебания остаточной намагниченности не только для базитов отдельных магматических комплексов, но и некоторых гнейсов, гранитоидов, железистых кварцитов [17-21]. Для генетически различных петротипов гранитоидов или метасоматически преобразованных их разновидностей, некоторых формаций железистых

кварцитов установлено рассеяние магнитных характеристик ведущих магнитных фаз (в данном случае генетически различного магнетита) [7,20]. Закономерности петрофизического группирования горных пород, создание их образов для различных обстановок позволили выделить среди них оптимально информативные петротипы с позиции результативного их геологического опознавания в геофизических полях, определяющих морфологию последних, естественно, внутренние особенности и структурирование геологического пространства. Такими образованиями, помимо максимально контрастных железорудных тел, явились разнообразные метабазитовые ассоциации, интрузивные комплексы базит-гипербазитов и гранитоидов, нередко мигматит-гнейсовые ассоциации, претерпевшие неоднократную тектоно-термальную активизацию. Созданные петрофизические образы геологических тел и особенности их выраженности в геофизических полях для различных обстановок определили требования к соответствующей методологии картирования приповерхностных и глубинных объектов земной коры ВКМ. Реализация этой задачи осуществлялась на основе рассмотрения всей системы характеристик (геофизических, геологических, петрофизических) на эталонных (полно изученных и представляющих основное разнообразие обстановок) территориях. Предварительно при установлении критериев разграничения объектов в петрофизическом пространстве признаков и далее в геофизических полях, особенно с целью выбора эталонных площадок, рассматривались следующие вопросы:

- сопоставимое геолого-геофизическое районирование дорифейского фундамента ВКМ, выбор эталонных площадей (объектов), заполняющих основное разнообразие геолого-геофизических ситуаций (районов);

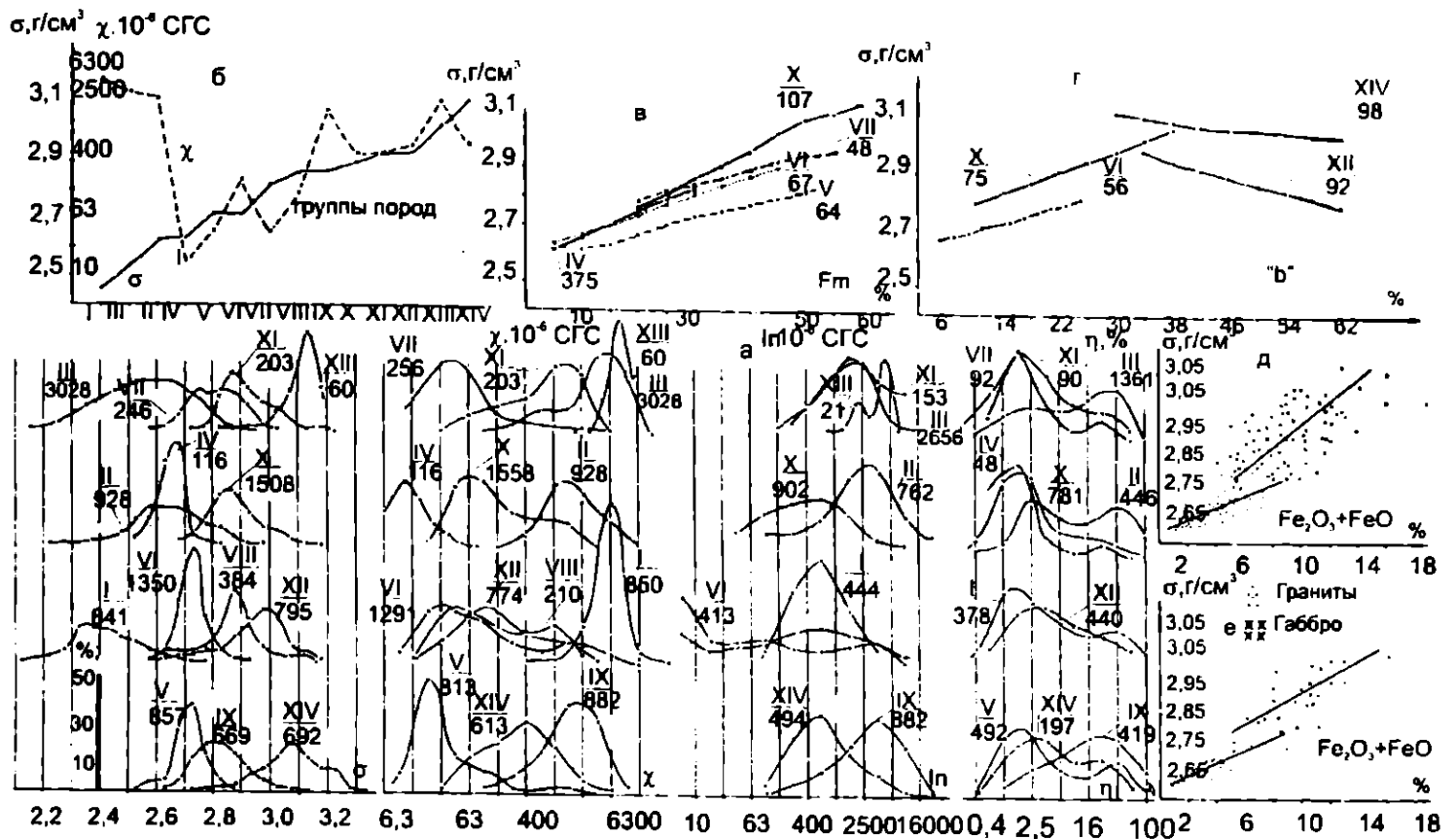
- уточнение непосредственно для эталонов обобщенной петрофизической классификации, выявление геологической информативности системы ее признаков для данных условий;

- установление типических закономерностей фиксации в геофизических полях реперных (в петрофизическом отношении) и одноименных объектов, но для в различных эталонов из различных геоструктур;

- построение для эталонных участков максимально полных петрофизических карт и схем, с отражением распространенности разнообразных по системе характеристик магматических комплексов, фаций метаморфизма супракрустальных образований, элементов тектонической делимости;

- построение геолого-геофизических схем для эталонов на базе выявленных для них подходов картирования докембрийских образований.

При формировании эталонов учитывалось требование наиболее детального, по возможности сопоставимого с геолого-геофизической их изученностью, выделения как можно более мелких петро-



**Рис. 3. Петрофизическая характеристика наиболее полно изученных горных пород юго-востока ВКМ.** а) вариационные кривые распределения физических свойств; б) диаграмма средних значений плотности и магнитной восприимчивости горных пород; в) зависимость плотности от содержания феррических минералов для некоторых групп пород (биотита в сланцах и гнейсах, биотита и роговой обманки в гранитах, гранодиоритах и диоритах, роговой обманки и пироксена в габброидах); г) корреляция плотности и коэффициента "е" по А.Н. Заварицкому; д) график зависимости плотности от содержания окислов железа в гранитоидах и габброидах; е) то же для немагнитных разновидностей. I - серпентиниты аллометасоматические; II - серпентиниты аутометасоматические; III - серпентиниты не разделенные; IV - граниты; V - сланцы, метапесчаники воронцовской серии; VI - гнейсы, мигматиты воронцовской серии; VII - диориты; VIII - габбро-диориты; габбро роговообманково-пироксеновые меланократовые; IX - перидотиты серпентинизированные; X - габброиды не разделенные; XI - габбро-нориты; XII - амфиболиты апопироксенитовые; XIII - габбро роговообманково-пироксеновые меланократовые; XIV - пироксениты. Под номерами групп пород показано количество определений свойств.  $\sigma$  - плотность,  $\chi$  - магнитная восприимчивость,  $I_n$  - остаточная намагниченность,  $\eta$  - вызванная поляризуемость.

физических рангов объектов. С этих позиций, установленные по материалам обобщенных петрофизических группировок (рис. 3), реперные петрофизические петротипы пород дополнительно детализировать в пределах конкретных обстановок. В каждой из групп пород выделяется множество петрофизических петротипов в соответствии со спецификой состава и строения объектов формационного и более крупных уровней.

По ряду интерпретационных профилей (рис. 5) раскрыты возможности отождествления в магнитном поле небольших магнитоактивных тел различной природы, в том числе участков биметасоматического обмена в областях гранитизации протопродуктов повышенной основности кристаллической коры. Для таких неоднородностей на базе анализа закономерностей их пространственного размещения, исследования особенностей корреляции плотность-магнитная восприимчивость оценена их плотность, что позволило (по долевым распространности объектов) учесть полученные ее значения при подборе обобщенных плотностных моделей вдоль разрезов. Различные по природе магнитоактивные объекты прослежены и выделены среди раннеархейских гранито-гнейсов, в частности, Россошанского блока (гранитизированные metabазиты и

метасоматиты гранитоидного ряда), палингенно-метасоматических и магматических фаз гранитоидов павловского комплекса, базит-гипербазитовых интрузий и сульфидизированных зон в области развития воронцовской серии и других структур.

Впервые методология эталонирования развивалась и положена в основу геолого-геофизического изучения докембрия в процессе составления геолого-геофизической схемы докембрия юго-восточной части ВКМ масштаба 1:100 000-1:50 000 и классификации, выявленных интрузий базитов и гипербазитов - 1967-1971 гг. [3,17,22-24] (рис. 4).

При разработке карты, помимо привлечения материалов, полученных на эталонных площадях, интерпретационных профилях (см. рис. 5, 6, 7, профили I-III, участки (эталон) Анна, Шкурлат, Ширяево, Ольховка), широко использовались данные по сопредельным с ними территориям. Для всех этих областей исследовались оценки вклада переменного намагниченности и разной плотности малых объектов. Особое внимание было сосредоточено на характеристиках продуктов метаморфно-метасоматических и пневматолито-гидротермальных преобразований гетерохимических сред (тела гранитизированных пород, обладающих повышенной или пониженной, зачастую разнознаковой намагниченно-

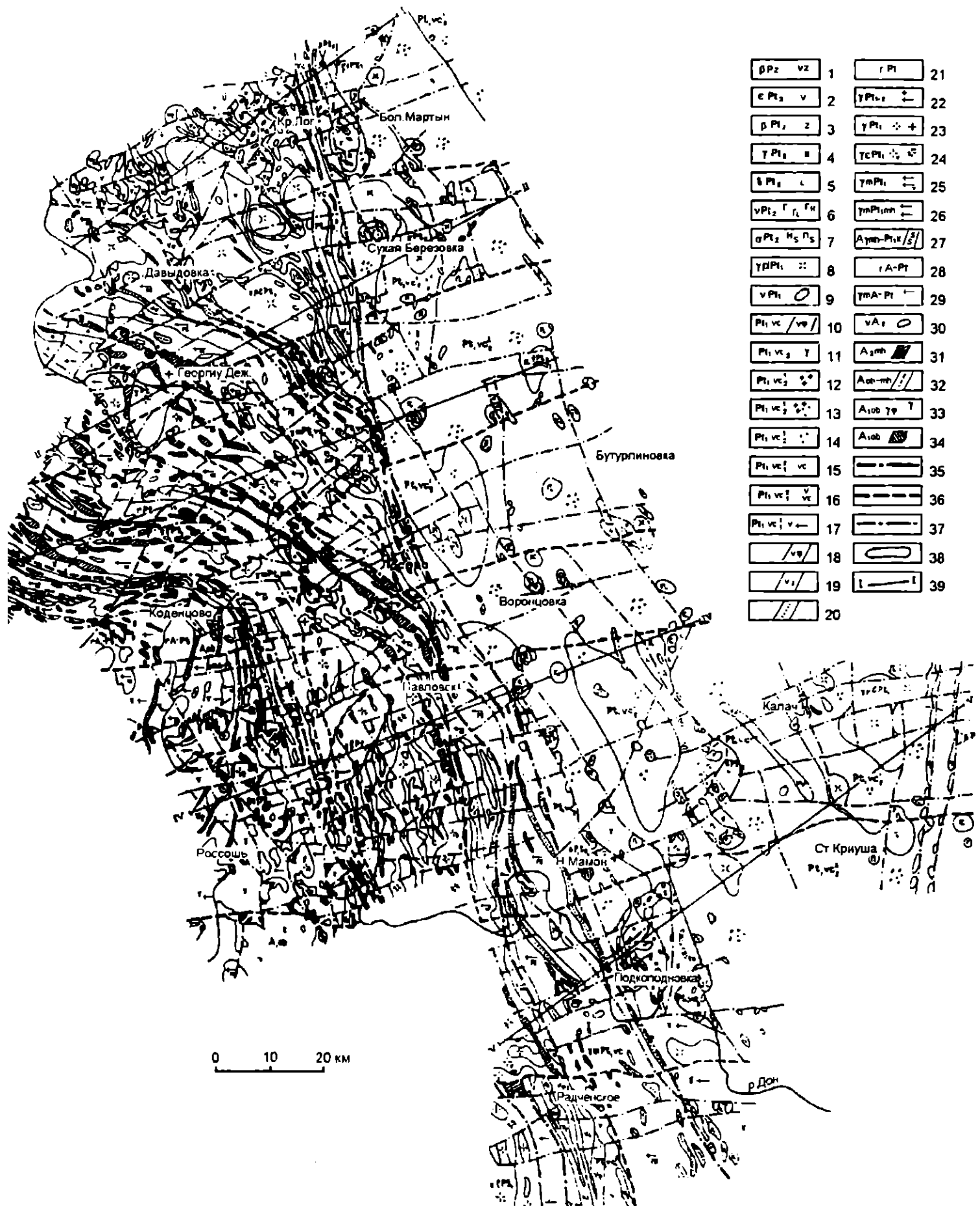


Рис. 4. Схематическая геологическая карта юго-восточной части Воронежского кристаллического массива: 1 - базальты, диабазы, кластославы, эруптивные брекчи, нижний палеозой; 2 - сиенит-порфиры, монзониты, протерозой; 3 - метаэффузивы, метабазальты, метатUFFы и туффиты, протерозой; 4 - граниты биотитовые и двуслюдяные, адамелиты, аплиты, пегматоидные граниты, протерозой; 5 - диориты, кварцевые диориты, мамонский комплекс; 6 - габбро, габбро-нориты, габбро-пироксениты, габбро-диориты, мамонский комплекс; 7 - перидотиты, серпентиниты, пироксениты, амфиболиты; 8 - плагиограниты, адамелиты, гранодиориты, усманский комплекс; 9 - габбро-амфиболиты, габбропироксениты, нерасчлененные; 10 - амфиболиты метаэффузивы воронцовской серии, нерасчлененные; 11 - гнейсы биотитовые иногда с гранатом кордиеритом, мигматиты песчаниково-сланцевой толщи воронцовской серии; 12 - сланцы биотитовые, алевросланцы, углеродистые сланцы, метапесчаники, песчаниково-сланцевой толщи воронцовской серии; 13 - сланцы биотитовые и метапесчаники ритмично-слоистые песчаниково-сланцевой толщи воронцовской серии; 14 - метапесчаники, алевросланцы с подчиненными прослоями филлитовидных и углеродистых сланцев, песчаниково-сланцевой толщи воронцовской серии; 15 - метапесчаники, вулканогенная посеевская толща воронцовской серии; 16 - метапесчаники и сланцы, прослой метаэффузивов кислого и среднего состава, вулканогенная посеевская толща воронцовской серии; 17 - метапесчаники и сланцы, прослой метаэффузивов кислого и среднего состава, вулканогенная посеевская толща воронцовской серии; 18 - метапесчаники и сланцы, прослой метаэффузивов кислого и среднего состава, вулканогенная посеевская толща воронцовской серии; 19 - метапесчаники и сланцы, прослой метаэффузивов кислого и среднего состава, вулканогенная посеевская толща воронцовской серии; 20 - метапесчаники и сланцы, прослой метаэффузивов кислого и среднего состава, вулканогенная посеевская толща воронцовской серии.

ской серии; 16 - метазффузивы основного и среднего состава, порфириды, лептиты амфиболовые, сланцы и амфиболиты, вулканогенная лосевская толща воронцовской серии; 17 - метавулканы мигматизированные, вулканогенная лосевская толща воронцовской серии; 18 - амфиболиты, амфиболовые сланцы, вулканогенная лосевская толща воронцовской серии; 19 - метазффузивы среднего и кислого состава магнетитсодержащие (металпорфиры, метадациты, метабазальты), вулканогенная лосевская толща воронцовской серии; 20 - амфиболиты мигматизированные нерасчлененные, павловский комплекс; 23 - граниты биотитовые среднезернистые, павловский комплекс; 24 - граниты биотитовые и розовообманково-биотитовые порфирбластические, павловский комплекс; 25 - мигматиты биотитовые биотит-розовообманковые, микроклин-плагиоклазовые в ассоциации с гранитами павловского комплекса; 26 - мигматиты биотит-розовообманковые предположительно по породам михайловской серии; 27 - амфиболиты, гнейсы, сланцы железистые кварциты нерасчлененные (архей-протерозой); 28 - гранитоиды нерасчлененные, архей-протерозой; 29 - мигматиты темные в ассоциации с гнейсами обоянской серии; 30 - габбро-амфиболиты, горнблендиты пироксениты амфиболитизированные, сергеевский комплекс; 31 - амфиболиты, гнейсы биотит-амфиболовые мигматизированные михайловская серия; 32 - амфиболиты, гнейсы биотит-амфиболовые мигматизированные обоянь-михайловские, нерасчлененные; 33 - гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые, биотит-амфиболовые, плагиогнейсы, плагиомигматиты, обоянская серия; 34 - меланократовые гнейсы и мигматиты, амфиболиты, обоянская серия; 35 - глубинные разломы, разделяющие крупные структурно-тектонические зоны; 36 - региональные разломы, разделяющие блоки в составе докембрия; 37 - разрывные нарушения более высоких порядков; 38 - скважины, вскрывшие породы докембрия; 39 - линии интерпретационных разрезов.

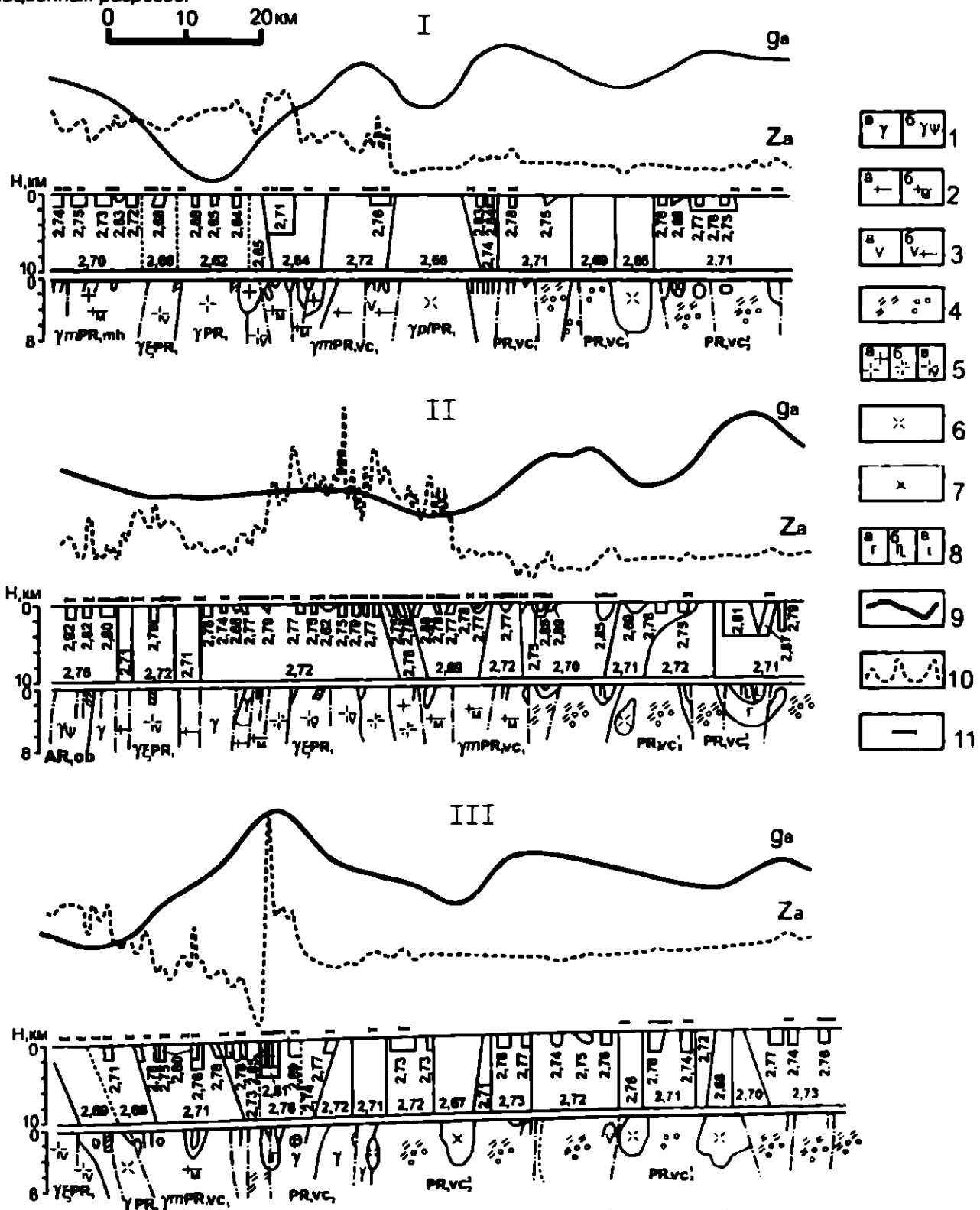


Рис. 5. Пример комплексной геолого-геофизической и петрофизической интерпретации по профилям Лиски - Березовка (I), Сергеевка - Павловск - Воронцовка (II), Богучар-Калач (III); 1в - гнейсы биотитовые, 16 - гнейсы амфиболовые амфиболиты и габбро-амфиболиты обоянской серии (AR,ob); 2а - мигматиты биотитовые; 2б - мигматиты амфиболовые (AR-PR); 3в - вулканогенные породы (метабазальты, габбро-амфиболиты, метавулканы).

дезито-базиты, метаандезиты ( $AR_1$  - раннего архея,  $AR_2$  - позднего архея,  $PR_1$  - нижнего протерозоя), 3б - мигматизированные метаваулканы преимущественно в раннем архее; 4 - сланцы, металесчаники воронцовской серии ( $PR_{1vc}$ ); 5а - граниты биотитовые, 5б - граниты биотит-амфиболовые, 5в - граносиениты павловского комплекса ( $PR_{1pv}$ ) и мигматит гранитной формации архей-протерозоя; 6 - граниты, адамеллиты усманского комплекса ( $PR_{1us}$ ); 7 - граниты субщелочные лискинского и атаманского комплексов ( $PR_{1^{2ls-at}}$ ); 8а - габбро, габбро-нориты, габбро-долериты (бесединского -  $AR_{2bs}$ , мамонского -  $PR_{1m}$ , ольховского -  $PR_{1ol}$ , смородинского -  $PR_{1st}$  комплексов), 8б - габбро-диориты тех же комплексов, 8в - диориты в составе мамонского комплекса; 9 - графики поля силы тяжести ( $g_a$ ); 10 - графики магнитного поля ( $Z_a$ ); 11 - минимальные мощности аномальных объектов по результатам интерпретации  $Z_a$ .

стью). Последние из-за небольших объемов, даже при достаточно высокой или низкой плотности практически не отражаются в гравитационном поле вплоть до съемок детальных масштабов. Выделение таких объектов важно как с позиции установления структурно-морфологических особенностей сопредельных сегментов ВКМ так более точного определения, как уже отмечено, средневзвешенных плотностных характеристик геологической среды. В результате подобные тела, наряду с перечисленными выше, использованы в качестве реперных объектов при геолого-геофизическом картировании докембрия. Петрофизическое ограничение многозначности количественных оценок геометрии объектов по параметрам гравитационного и магнитного полей привлечено при подборе параметров многочисленных объектов [25,26].

Выявленные закономерности отождествления и разграничения сопряженных разноранговых геологических тел в геофизических полях на базе комплексной петрофизической характеристики объектов позволили ограничить предельные рамки устойчивого картирования докембрийского фундамента. В итоге значительно расширены возможности не только в картировании локальных тел, но и в раскрытии разнообразных геологических процессов в докембрии, направленности его эволюции, тектогенеза и рудогенеза [27-32].

Методика структурно-вещественного картирования кристаллических образований, принятая для юго-востока ВКМ, дополненная критериями разграничения «минимизированных» петрофизических классов горных пород для конкретных эталонных обстановок всего массива (см рис. 7, примеры Беседино, Смородино), публикации геолого-геофизического содержания [33-45 и др.] и применения количественных мер разграничения гетерогенных образований в геофизических полях [46,47], в полном объеме реализована в процессе геолого-геофизического картирования кристаллического фундамента ВКМ в целом (рис. 8). Естественно, степень фрагментации кристаллических образований различных блоков массива далеко не сопоставимая. Она определяется масштабами изученности, применением взаимодостаточного комплекса методов, развитостью аналитического аппарата геологической интерпретации различных редукций геофизических полей. Максимальная структурно-вещественная насыщенность разноранговыми объектами фиксируется для территорий, где выполнены геофизические съемки масштаба 1: 50 000, размещено достаточное количество пробуренных различного

назначения скважин, оптимально изучены геологические тела в петрофизическом отношении.

Данный вариант геолого-геофизической карты практически без существенных изменений с позиции ее структурно-вещественного наполнения использован в многочисленных последующих геологических картах и схемах вплоть до карт 1998-1999 (см. карты 1:500 000 масштаба, исходную - 1972 и под редакциями: И.Н. Леоненко, В.Д. Полищука, В.П. Дмитриева, Б.М. Петрова-Н.М. Чернышова). Эти материалы, несмотря на определенный прогресс, а часто неоднозначные уточнения стратиграфического положения или выделения новых объектов, как и вышерассмотренные данные предшествующего этапа региональных обобщений, свидетельствуют о сохраняющихся ограничениях методологического уровня исследований. В частности, так и не получено убедительных характеристик для разделения гетерогенных метабазитовых ассоциаций. В итоге все они отнесены к михайловской серии [49]. Не получено критериев разделения сближенных по возрасту ряда магматических комплексов [48? 50-53]. Приписывание огромных размеров - 400 и более км<sup>2</sup> так называемому новогольскому комплексу системно не обосновано (отсутствуют петрофизические данные). К разряду дискуссионных проблем из-за недостаточности их фактического обоснования относятся: стратификация, распространенность отдельных элементов фациального состава лосевской, воронцовской, грязинской и тимской толщ. разграничение гнейсов раннего архея по типам разреза. Некоторые причины недостаточного обоснования выделения, описания особенностей внутреннего строения или оценок стратиграфического положения объектов супракрупных и магматических парагенезисов кристаллической коры ВКМ отражены в таблице.

Что же, на наш взгляд, можно отнести к основным, столь длительно сдерживающим факторам результативного развития методологии изучения кристаллических образований региона, казалось бы при высокой интенсификации геолого-геофизических работ.

-Неравномерность геофизической изученности территории, когда для составления результативного геолого-геофизического документа заданного масштаба его геофизическая основа должна быть равнозначной и минимум на два порядка крупнее, а на эталонах площадях вплоть до детальных съемок высокого разрешения.

-Сосредоточение основного объема бурения, как следствие аналитического материала, (более

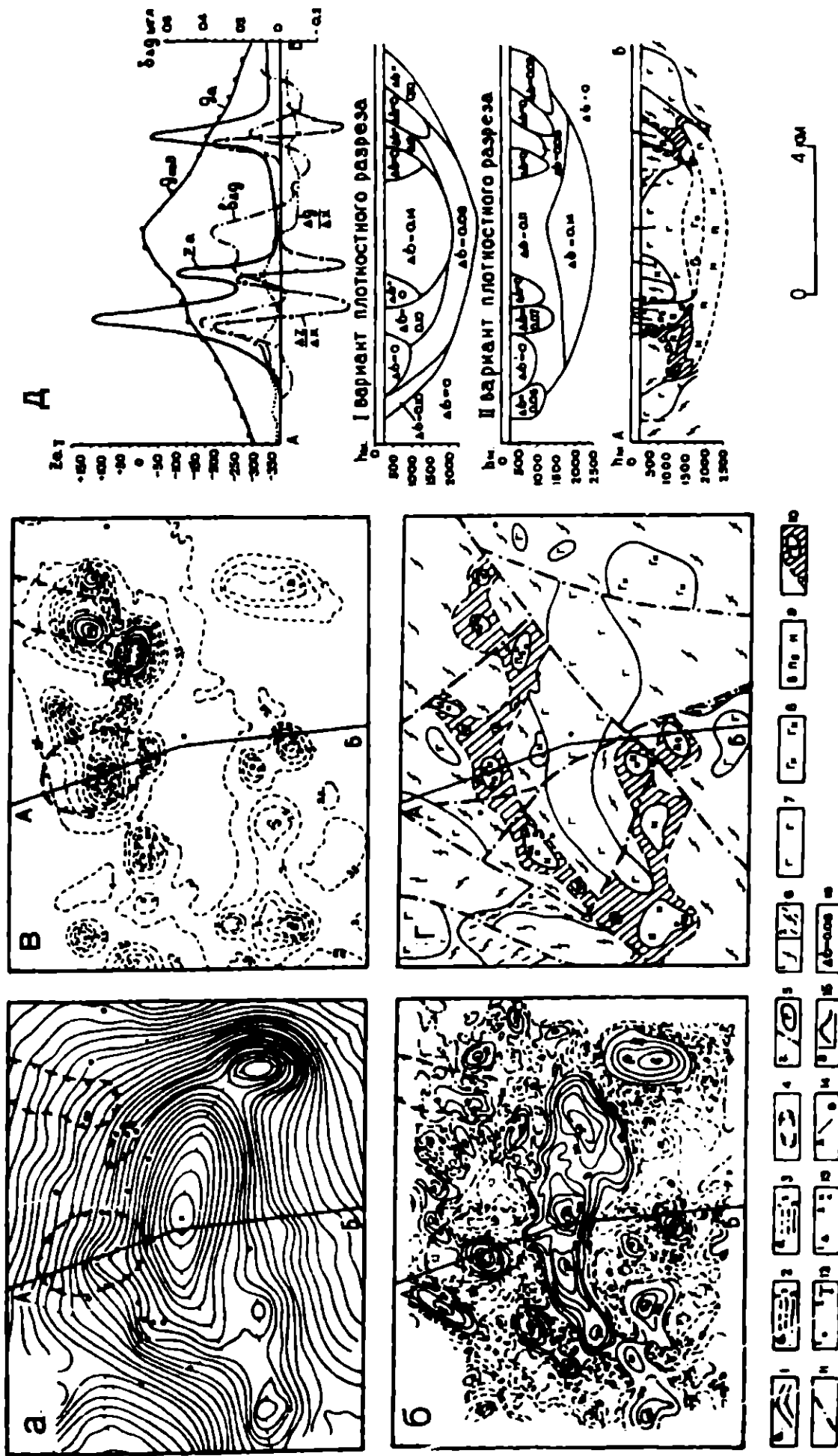


Рис. 6. Схема геолого-геофизической интерпретации Анненского участка: а) схема поля силы тяжести; б) схема геологического строения; в) геолого-геофизический разрез по линии А-Б; г) изолинии локального поля силы тяжести в  $1 \cdot 10^3$   $\mu T$ ; д) схема магнитного поля  $Z_a$  в мЭ; е) схема геологического строения; 2 - нулевые, 3 - положительные; 4 - зоны аномалий поляризуемости; 5 - геологические объекты; 6 - образования воронкообразной серии; 7 - габбро-пироксениты; 8 - оливиновые габбро; 9 - серпентиниты; 10 - зоны разветвления ультрабазитового комплекса; 11 - тела гипербазитов, выходящие в эрозийный срез (докембрия); 12 - амфиболитизированные пироксениты; 13 - аномалии плотности; 14 - линия геологического разреза; 15 - геолого-геофизический разрез; 16 - избыточная плотность массивов (в г/см<sup>3</sup>)



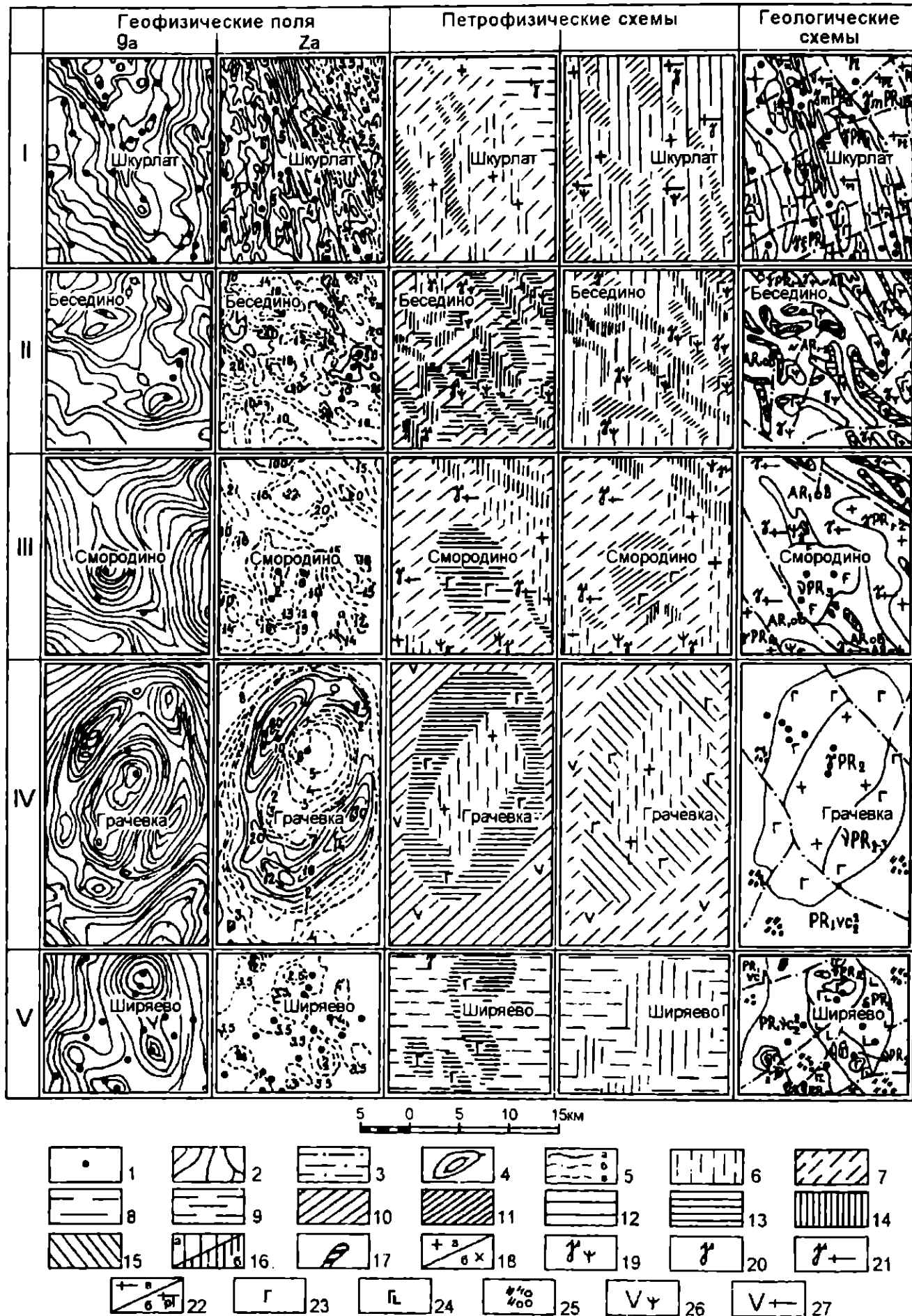


Рис.7. Геофизические поля, петрофизические параметры объектов и геологические схемы строения докембрия для эталонных участков из различных структурно-формационных комплексов ВКМ [2,4]: I - Шкурлат-Павловского; II - Бесединского; III - Смородинского; IV - Ольховского (Грачевского); V - Ширяевского: 1 - пробуренные скважины; 2 - границы геологических тел; 3 - разломы; 4 - изолинии аномалий поля силы тяжести; 5 - изолинии магнитного поля (Za); 6 - плотность ( $\sigma$ , г/см<sup>3</sup>) - 2,61-2,63 г/см<sup>3</sup>, скорость распространения продольных волн (Vp, км/с) - 5,6-6,0 км/с, суммарная намагниченность (J, 10<sup>6</sup> СГС -I<sub>n</sub> +0,5 I) -5-30 10<sup>6</sup> СГС; 7 -  $\sigma$ -2,64-2,68 г/см<sup>3</sup>, Vp-5,2-6,4 км/с, J-(50-100) 10<sup>6</sup> СГС; 8 -  $\sigma$ -2,70-2,73 г/см<sup>3</sup>, Vp-5,3-6,5 км/с; 9 -  $\sigma$ -2,71-2,75 г/см<sup>3</sup>, Vp-5,5-6,5 км/с; 10 -  $\sigma$ -2,75-2,80 г/см<sup>3</sup>, Vp-5,4-6,4 км/с, J-(100-500) 10<sup>6</sup> СГС; 11 -  $\sigma$ -2,80-2,90 г/см<sup>3</sup>, Vp-5,8-6,5 км/с, J-(1000-5000) 10<sup>6</sup> СГС; 12 -  $\sigma$ -2,85-2,90 г/см<sup>3</sup>, Vp-5,80-6,55 км/с; 13 -  $\sigma$ -2,90-2,95 г/см<sup>3</sup>, Vp-6,20-6,70 км/с, J-(500-1000) 10<sup>6</sup> СГС; 14 -  $\sigma$ -3,30 г/см<sup>3</sup>, Vp-5,20-6,20 км/с, J- 50000 10<sup>6</sup> СГС; 15 - J- 10000 10<sup>6</sup> СГС; 16а - J- 1000 10<sup>6</sup> СГС; 16б - J- (2000-3000) 10<sup>6</sup> СГС. Индексы временной шкалы и состава пород см. рис.3.

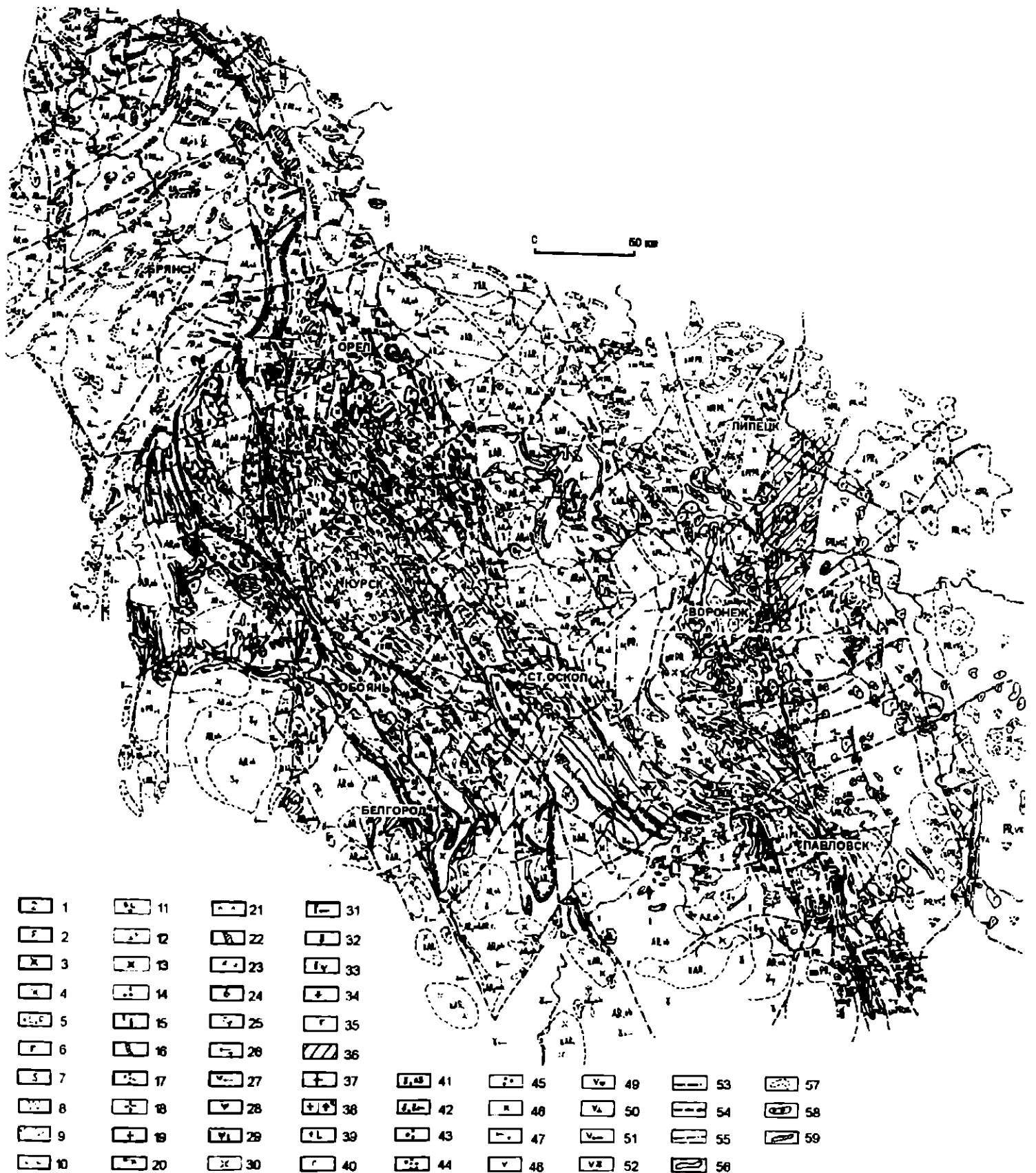


Рис. 8. Схематическая геолого-геофизическая карта докембрия Воронежского кристаллического массива (составлена Н.С.Афанасьевым, О.И. Египко, И.А. Жаворонкиным, Р.С. Красицкой, И.И.Кривцовым, Я.Ш. Ландо, В.И. Павловским, М.Е. Сопко по материалам геологических, геофизических и петрофизических исследований, выполненным в разные годы на ВКМ, 1972 г).

**Воронежский кристаллический массив в целом. Верхний протерозой -  $PR_3$  (верхний карелий -  $PR_3^2$ ):** 1 -  $v PR_3$  - андезитовые и базальтовые порфиры - глазуновская толща  $PR_3, gl$  [46], ( $PR_3^2, gl$ ), 2 -  $v PR_3, sm$ , ( $PR_3^2, sm$ ) - габбро-диориты пегматоидные такситовые габбро смородинский комплекс [62]). **Средний протерозой -  $PR_2$  (нижний протерозой -  $PR_2^2$ ):** 3 -  $y PR_2$  ( $y PR_1$ ) - граниты плагиомикроклиновые биотитовые атаманский комплекс,  $PR_2, at$  [34] ( $PR_2^2, at$ ) **Нижний-средний протерозой нерасчлененные -  $PR_{1,2}$  (нижний протерозой нерасчлененный  $PR_1-PR_1^4$ ):** 4 -  $y PR_{1,2}$  ( $PR_1^4$ ) - граниты биотитовые плагиоклазовые и плагиомикроклиновые нерасчлененные - стойло-никодаевский, осколецкий и атаманский комплексы [54,55]); 5 -  $\delta PR_{1,2}$ , ( $\delta PR_1^2$ ) - кварцевые диориты, гранодиориты и сиениты; 6 -  $\gamma PR_{1,2}$ , ( $\gamma PR_1$ ) - габбро, габбро-нориты; 7 -  $\sigma PR_{1,2}$  ( $\sigma PR_1$ ) - перидотиты, пироксениты в различной степени серпентинизированные и амфиболитизированные, серпентиниты. **Нижний протерозой -  $PR_1$ :** 8 -  $PR_1, kr$  ( $PR_1, ke$ ) - кварцевые порфиры и их туфы, курбакинская свита, 9 -  $PR_1, tm$  - сланцы углистые и слюдяные, местами обогащенные сульфидами, тимская свита; 10 -  $PR_1, tm$ , метаэффузивы основного состава с подчиненными прослоями сланцев, метаэффузивов дацит-андезитового состава, тимская свита; 11 -  $PR_1, ch-os$  ( $PR_1, rg$ ) - флишвидные карбонатные сланцы с прослоями актинолититов и других зеленых сланцев, щигрово-осколецкая (роговская) свита; 12 -  $PR_1, ch-os$ , флишвидные карбонатные карбонатные породы, филлитовидные сланцы, метапесчаники, метаалевролиты - щигрово-осколецкая (роговская) свита [32, 36], 13 -

$\gamma$ PR<sub>1</sub>, гранитоиды существенно биотит-плагиоклазовые, плагиограниты, монцониты, кварцевые диориты (осколецкий комплекс - [32]); 14 - PR<sub>1</sub>, k<sub>3</sub> - курская серия, верхняя свита (PR<sub>1</sub>, k<sub>3</sub> bl, vc, бѣлгородская, висловская свиты) - сланцы преимущественно кварц-биотитовые, иногда прослои карбонатных пород [36]; 15 - PR<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> (PR<sub>1</sub>, kr) железистые кварциты, кварц-пироксен-магнетитовые и амфибол-магнетитовые породы - курская серия средняя (коробковская) свита; 16 - PR<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> железистые кварциты, кварц-пироксен-магнетитовые и амфибол-магнетитовые породы с прослоями сланцев, микроамфиболитов - курская серия, средняя (коробковская) свита); 17 - PR<sub>1</sub>, k<sub>1</sub>, сланцы филлитовидные слюдяные и микроамфиболитов - курская серия, нижняя (стойленская PR<sub>1</sub>, st) свита); 18 -  $\gamma$  PR<sub>1</sub>, лейкократовые биотитовые гнейсограниты, аплитовидные граниты, пегматиты (малые и жильные тела павловского комплекса - PR<sub>1</sub>, pv); 19 -  $\gamma$  PR<sub>1</sub>, реоморфические автохтонные и частично интрузивные гнейсограниты, гибридные граносиениты и гранодиориты (павловский комплекс - PR<sub>1</sub>, pv); 20 -  $\lambda$  PR<sub>1</sub>, метасоматические автохтонные плагиомикроклиновые граниты и мигматиты преимущественно по породам донской серии (павловский комплекс - PR<sub>1</sub>, pv); Архей и протерозой нерасчлененные - AR-PR: 21 - AR-PR<sub>1</sub>, нерасчлененные мигматиты, амфиболиты, гнейсы; 22 - AR<sub>2</sub>, th-PR<sub>1</sub>, k<sub>1</sub>, амфиболиты, другие метазффузивы, прослои железистых кварцитов - нижняя курская и михайловская серии нерасчлененные; 23 - AR<sub>2</sub>, th-PR<sub>1</sub>, k<sub>1</sub>, то же без железистых кварцитов. Верхний архей - AR<sub>2</sub>: 24 - N AR<sub>2</sub>, серпентиниты, серпентинизированные перидотиты, железногорский комплекс - AR<sub>2</sub> g [63]; 25 - N AR<sub>2</sub>, пироксениты, серпентинизированные перидотиты, габбро-амфиболиты, прослои кварц-пироксен-магнетит-амфиболовых пород в ассоциации с гнейс-мигматитами; 26 - AR<sub>2</sub>, th, мигматиты в ассоциации с породами михайловской серии; 27 - AR<sub>2</sub>, th, мигматизированные метадиабазы, амфиболиты, амфиболовые и другие зеленокаменные сланцы, актинолититы, метазффузивы кислого состава, михайловская серия; 28 - AR<sub>2</sub>, th, мигматизированные метадиабазы, амфиболиты, амфиболовые и другие зеленокаменные сланцы, актинолититы; Верхний и нижний архей нерасчлененные - AR<sub>1</sub>, AR<sub>2</sub>: 29 - AR<sub>1</sub>, ob- AR<sub>2</sub>, th, переслаивание гнейсов различного состава с ортоамфиболитами -обоянская и михайловская серии. Нижний архей AR<sub>1</sub>: 30 -  $\gamma$  AR<sub>1</sub>, плагиограниты и плагиомигматиты салтыковского типа; 31 - AR<sub>1</sub>, ob, плагиогнейсы биотитовые сильно мигматизированные и мигматиты; 32 - AR<sub>1</sub>, ob, плагиогнейсы биотитовые слабо мигматизированные; 33 - AR<sub>1</sub>, ob, плагиогнейсы амфибол-биотитовые иногда с гранатом, зонально мигматизированные.

Юго-восточная часть ВКМ. Верхний и средний протерозой нерасчлененные PR<sub>2-3</sub> (нижний протерозой PR<sub>1</sub>): 34 -  $\gamma$  PR<sub>2-3</sub>, ol, плагиограниты, адамелиты ольховский комплекс [62] (PR<sub>1</sub>, ol); 35 -  $\nu$  PR<sub>2-3</sub>, габбро-нориты ольховский комплекс (PR<sub>1</sub>, ol [62]); 36 - PR<sub>2-3</sub>, gr, вулканикоидные и полимиктовые метапесчаники, метаалевролиты, сланцы, метадиабазы, метаандезитовые порфириды и порфиры их туфы и туффиты, грязинская толща [7], (PR<sub>1</sub>, vt-воронежская свита). Средний протерозой PR<sub>2</sub> (нижний протерозой PR<sub>1</sub>): 37 -  $\gamma$  PR<sub>2</sub>, ls биотитовые субщелочные граниты, лискинский комплекс (PR<sub>1</sub>, ls); 38 - граниты биотитовые и двуслюдяные, бобровский комплекс -  $\gamma$  PR<sub>2</sub>, bb ( $\gamma$  PR<sub>2</sub>, b); 39 -  $\delta$  PR<sub>2</sub>, m, диориты, кварцевые диориты, мамонский комплекс; 40 -  $\nu$  PR<sub>2</sub>, m, габбро, габбро-нориты, габбро-пироксениты, габбро-диориты; 41 -  $\sigma$  PR<sub>2</sub>, m, пироксениты, перидотиты, серпентиниты. Нижний протерозой PR<sub>1</sub>: 42 - PR<sub>1</sub>, vc<sub>2</sub>, гнейсы биотит-плагиоклазовые нередко с координитом, гранатом, нередко с высоким содержанием сульфидов, графита мигматизированные - (PR<sub>1</sub>, vc), воронцовская серия; 43 - PR<sub>1</sub>, vc<sub>2</sub>, сланцы биотитовые, алевросланцы, филлитовидные углистые сланцы, метапесчаники, воронцовская серия, верхняя пачка (PR<sub>1</sub>, vc); 44 - PR<sub>1</sub>, vc<sub>2</sub>, биотитовые сланцы, метапесчаники ритмично-слоистые, воронцовская серия, средняя пачка (PR<sub>1</sub>, vc); 45 - PR<sub>1</sub>, vc<sub>1</sub>, метапесчаники, алевросланцы с прослоями углистых сланцев, гранат-биотитовых, ставролит-биотитовых сланцев, воронцовская серия, нижняя пачка (PR<sub>1</sub>, vc); 46 -  $\gamma$  pl PR<sub>1</sub>, us, плагиограниты, адамелиты, гранодиориты, кварцевые диориты, мигматиты, усманский комплекс; 47 -  $\gamma$  m PR<sub>1</sub>, vc<sub>1</sub>, мигматиты по породам лосевской толщи; 48 - PR<sub>1</sub>, vc<sub>1</sub>, метаавулканиты основного, среднего, реже кислого состава, метапесчаники, сланцы, лосевская толща, верхняя пачка (PR<sub>1</sub>, ls<sub>2</sub>); 49 - преимущественно микроамфиболиты, амфиболовые сланцы той же пачки; 50 - магнетитсодержащие метадициты, лептиты, порфириды той же пачки; 51 - PR<sub>1</sub>, vc<sub>1</sub>, метаавулканиты мигматизированные, лосевская толща, нижняя пачка (PR<sub>1</sub>, ls<sub>1</sub>); 52 - палеобазальты девона - D<sub>3</sub>. Тектонические нарушения: 53 - 1<sup>го</sup> порядка, разделяющие докембрийские образования на крупные зоны различного петрографического состава; 54 - 2<sup>го</sup> порядка, разделяющие крупные зоны на соподчиненные блоки; 55 - 3<sup>го</sup> порядка и прочие; 56 - уверенные границы; 57 - предполагаемые границы; 58 - участки развития сульфидной минерализации в песчаниково-сланцевой толще воронцовской серии; 59 - участки различных пород, обогащенных магнетитом.

90%) в пределах аномальных объектов. Несопоставимость в изученности геологических, геофизических и петрофизических компонентов тесно взаимосвязанной исследовательской системы.

- Неоправданное прекращение петрофизических исследований (конец 70-х-начало 80-х гг.), в момент максимального развития буровых работ при осуществлении ГГК, ГМК, геофизических съемок масштаба 1:50 000 на ранее слабо опосредованных территориях.

- Минимальные объемы геофизических исследований методами ГСЗ, МТЗ, МВИ, изучения физических свойств при высоких термодинамических параметрах, отсюда недостаточность глубинной изученности земной коры и верхов мантии, как следствие очень ограниченное обоснование многочисленных геодинамических выводов.

- Частая смена возрастных рубежей одних и тех же объектов на основе очередных, но иных цифр единичных радиологических определений.

- Сомнительность разграничения геологических, петрохимических, геофизических, петрофизи-

ческих объектов методами математической статистики на малых (иногда 5-10 определений) и нерепрезентативных аналитических выборках.

- Частая смена далеко не аргументированных общегеологических, в особенности неотектонических представлений, получающих реализацию в очередном геолого-геофизическом документе (карте), то как коллизонная или шовная зона, то астенولينза, то поддвиг или надвиг, то рассеянный спрединг, то рифтоген и т.д.

Можно назвать более обширный список недоработок и упущений, имевших место на разных этапах изучения региона, но уже любой из вышеприведенных факторов вполне способен объяснить "достигнутую" перманентную ограниченность получения устойчивых геологических материалов.

Раскрыть и понять недостаточность примененной технологии в сфере достижения реалистического научного и практического геолого-геофизического результата, естественно, не самоцель исследований, а своеобразная основа для выработки подхода сохранения конструктивного предшест-

вующего опыта и его развития в будущем, тем более в условиях временного свертывания геолого-геофизических работ в регионе и потребности их ускоренного возрождения уже сейчас.

Какие первоочередные шаги необходимо предпринять для восстановления и совершенствования методологии геолого-геофизических исследований в регионе?

- Систематизировать в едином ключе имеющиеся геофизические материалы по модификациям отдельных геофизических методов и их комплексу, по ее результатам дополнить новыми модификациями.

- Выполнить для всего региона и сопредельных структур аэромагнитные съемки высокого разрешения с целью более устойчивого разделения магнитоактивных тел, определения их геологической природы, выделения и разделения аномалий от различных источников в фундаменте и чехле.

- Выполнить по возможности более детальное геофизическое районирование территории ВКМ по типам полей и их комплексу не только по интенсивности но, что не менее важно, по особенностям морфологии, пространственных ориентировок, сочетаемости, совмещения или смещения, количественных оценок в пределах отдельных геоструктурных обстановок.

- Продолжить работы по созданию петрофизического банка данных и на его базе - многомерной статистически выверенной петрофизической классификации, способных обеспечить на базе создания петрофизических образов необходимой иерархии геологических объектов, менее противоречивую, базирующуюся на априорных часто меняющихся представлениях, геологическую интерпретацию геофизических данных.

- Выделить систему эталонов для разнообразных геолого-геофизических ситуаций в пределах отдельных структурно-формационных комплексов, с целью устойчивого распознавания в геофизических полях конкретных петрофизически разграничивающихся объектов.

- Разработать комплексные параметры определения геологической природы аномалий потенциальных и волновых полей, связанных с разнообразными объектами, включая рудогенные обстановки.

- Разработать, частично использовать имеющиеся программные пакеты для компьютерной интерпретации, как отдельных геофизических методов, так и их комплекса, а так же получить характеристики для отождествления конкретных соподчиненных геологических образований, позволяющих принять менее противоречивую идеологию идентификацию объектов в геофизических полях

- Дополнить информационную базу с целью обновления структурно-вещественной и петрофизической фрагментации кристаллических образований ВКМ, рассчитать для выделенных фрагментов средневзвешенные целевые характеристики.

- Оценить структурно-петрофизическое состояние, анизотропию разноранговых объектов кристаллической коры

- Совершенствовать методические приемы разработки грависейсмических глубинных моделей земной коры и верхов мантии на основе использования результатов работ по вышеобозначенным пунктам, в особенности поправок сейсмических скоростей за счет влияния анизотропии, структурно-петрофизического состояния среды.

Сформулированные направления совершенствования исследований в процессе реализации могут и должны конкретизироваться, дополняться целевым информационным содержанием.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Корреляционная схема стратиграфии и магматизма раннего докембрия Воронежского кристаллического массива (ВКМ) / Редакторы Б.М. Петров, Н.М. Чернышов. 1998.
2. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. -М., 1970. -Т. 1.- 440с
3. Афанасьев Н.С., Египко О.И., Кривцов И.И., Павловский В.И. К вопросу о геологическом строении юго-восточной части ВКМ (по данным геологических и геофизических исследований) // Материалы по геологии и полезным ископаемым Центральных районов Европейской части СССР. -М., 1970. -Вып. 6. - С. 17-29.
4. Афанасьев Н.С. Петрофизика в системе геолого-геофизических исследований (на примере изучения Воронежского кристаллического массива) // Вестн Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1997. - № 4. -С. 21-27.
5. Афанасьев Н.С. Методология глубинного изучения земной коры. Статья 1. Петрофизические аспекты геолого-геофизического картирования докембрия на примере Воронежского кристаллического массива - ВКМ // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол.- 2000 -№ 9 -С. 182-1974.
6. Афанасьев Н.С., Жаворонкин И.А., Кривцов И.И. Методология глубинного изучения земной коры. Статья 2. Закономерности отражения петрофизической дифференциации кристаллических образований ВКМ в геофизических полях как основной принцип его геологического изучения // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. - 2001. - № 11. -С. 167-176
7. Афанасьев Н.С. Петрофизика докембрийских образований и геологическое строение Воронежского кристаллического массива: Автореф. дис. ... докт. геол.-минерал. наук -Л., 1984. - 45 с.
8. Афанасьев Н.С. Петрофизика и геологическое строение докембрия Воронежского кристаллического массива // Петрофизические исследования на шитах и платформах. -Апатиты. - 1985. -С. 34-42.
9. Петрофизическая характеристика пород докембрия Воронежского кристаллического массива и использование при составлении геолого-геофизических схем - И.А.Жаворонкин, Р.С.Красовицкая, И.И.Кривцов, Г.И.Филаретов, Н.С.Афанасьев, В.И.Павловский // Петрофизическая характеристика Советской части Балтийского щита. -Апатиты. - 1976. - С. 28-29
10. Расчленение и корреляция докембрийских образований фундамента Восточно-Европейской платформы по петрофизическим данным / Н.С. Афанасьев, С.В. Булга-

- нова, Р.С.Красовицкая, Т.А.Лапинская, А.С.Петренко, В.А.Пуура // Геология, петрология и металлогения кристаллических образований Восточно-Европейской платформы. -Т.1. - М., 1976. - С. 159-169.
11. Египко О.И. Некоторые минералого-петрографические и геохимические особенности докембрийских гранитоидов юго-восточной части Воронежского кристаллического массива: Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. - Воронеж. - 1971. - 28 с.
  12. Архангельский А.Д. Курская магнитная аномалия. - М., 1923. -341 с.
  13. Архангельский А.Д., Розе Н.В., Колюбякин В.В. и др. Тектоника докембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы по данным общей магнитной съемки СССР // Изв. АН СССР. Сер. географ. и геоф. - 1937. - № 4. -С. 27-39.
  14. Архангельский А.Д., Михайлов А.А., Федынский В.В., Люстих Е.Н. Геологическое значение аномалий силы тяжести в СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1937. - № 4. -С. 3-17
  15. Архангельский А.Д. О строении Русской платформы // Бюл. МОИП. Отд. геол. -1940. Вып. 3-4. -С.3-17.
  16. Лучицкий В.Н. Воронежский кристаллический массив и район КМА // Стратиграфия СССР. Докембрий. -Т.1. -М., 1939. - С. 140-152.
  17. Варданыц Л.А. Докембрийский кристаллический фундамент Русской платформы // Международный геологический конгресс XXI сессия. Проблема 9. -М., 1960.-С. 89-93.
  18. Афанасьев Н.С., Египко О.И., Кривцов И.И., Павловский В.И. Тектоническое строение и металлогения юго-восточной части Воронежского кристаллического массива по геолого-геофизическим данным // Вопросы разведочной геофизики. -Л., 1971. -С. 121-130.
  19. Афанасьев Н.С. Петрофизические особенности гранит-мигматит-гнейсовой ассоциации Воронежского кристаллического массива // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1996. -№ 2.- С 164-177.
  20. Афанасьев Н.С. Геофизика-петрофизика-геология как единая исследовательская система изучения структурно-вещественных неоднородностей литосферы Земли // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Тез. докл. междунар. конфер. -Воронеж, 1996. - С. 105-106.
  21. Афанасьев Н.С. Петрофизика гранитоидов Воронежского кристаллического массива (ВКМ) // Физика земли. -1997. -№ 11. -С. 58-68.
  22. Копаев В.В., Мартынова Т.А. Опыт использования результатов лабораторных измерений железистых кварцитов при истолковании магнитных аномалий КМА // Изв. АН СССР. Сер. геоф. -1961. -№ 4. -С. 553-556.
  23. Афанасьев Н. С.,Павловский В. И. Физические свойства основных и ультраосновных пород кристаллического фундамента юго-восточной части Воронежской антеклизы // Труды третьего совещания по проблемам изучения Воронежской антеклизы. -Воронеж, 1966. - С 337-345.
  24. Афанасьев Н.С., Чернышов Н.М. О взаимосвязи петрохимических и петрофизических особенностей ультраосновных пород Воронежского кристаллического массива // Вопросы петрохимии: Матер. к совещ. -Л., 1969. -С. 202-203.
  25. Афанасьев Н.С., Жаворонкин И.А., Кривцов И.И., Филаретов Г.И. Разделение базит-гипербазитовых интрузий юго-востока ВКМ на основе их петрофизической характеристики и данным геофизических методов разведки // Вопросы петрологии, рудоносности основного и ультраосновного магматизма Воронежского кристаллического массива. -Воронеж. - 1974. - С.58-68.
  26. Вассерман И.С., Кривцов И.И, Геологические результаты комплексных геофизических исследований в районе Павловских аномалий Воронежской области // Геология и полезные ископаемые Центрально-Черноземных областей: Тр. межобластного совещ. - Воронеж, 1964. -С. 321-325.
  27. Кривцов И.И. , Павловский В.И. Геологическое строение докембрия района Павловских аномалий по результатам комплексных среднемасштабных геофизических исследований // Труды третьего совещания по проблемам изучения Воронежской антеклизы. - Воронеж, 1966.- С. 370-376.
  28. Копаев В.В., Павловский В.И. Некоторые данные о строении верхней части докембрийского фундамента Воронежской антеклизы // Труды третьего совещания по проблемам изучения Воронежской антеклизы. - Воронеж, 1966. - С. 332-337.
  29. Жаворонкин И.А., Красовицкая Р.С., Кривцов И.И. и др. О возможности выделения интрузий различного состава в пределах ВКМ геофизическими методами // Вопросы петрологии и рудоносности основного и ультраосновного магматизма Воронежского кристаллического массива. -Воронеж, 1974. - С. 49-58.
  30. Зайцев Ю.С., Иванов А.В., Лебедев И.П. Метаморфические комплексы раннего докембрия юго-восточной части Воронежского кристаллического массива // Метаморфические комплексы фундамента Русской плиты. Л., 1978. -С.115-130.
  31. Копаев В.В., Красовицкая Р.С. Материалы к тектонике Воронежского кристаллического массива // Геология и полезные ископаемые Центрально-Черноземной области: Тр. межобластного геологического совещ. - Воронеж, 1964.- С.31-32.
  32. Лебедев И.П. Реконструкция первичной природы условий прогрессивного регионального метаморфизма раннепротерозойских образований воронцовской серии (юго-восток Воронежского кристаллического массива ): Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. - Воронеж, 1977. -21 с.
  33. Египко О.И., Голивкин Н.И., Полищук В.И., Бердников М.Д. Гранитоиды Воронежского кристаллического массива // Геология, петрология и металлогения кристаллических образований Восточно-Европейской платформы. -М., 1976. -Т. 2. - С.47-54.
  34. Доброхотов М.Н. Геология докембрия территории КМА // Сов. геол. -1961. -№ 11. - С. 37-54.
  35. Доброхотов М.Н. К вопросу о стратиграфии докембрия КМА // Материалы по геологии и полезным ископаемым Центральных районов Европейской части СССР. - Вып 1. -1958. -С. 80-93.
  36. Доброхотов М.Н, Полищук В.Д, Зайцев Ю.С. К вопросу о стратиграфии курской метаморфической серии // Материалы по геологии и полезным ископаемым Центральных районов Европейской части СССР. - Вып. 2. -Калуга. - 1959. -С. 17-27.
  37. Леоненко И.Н., Голивкин Н.И., Зайцев Ю.С. и др. Строение и формационное расчленение докембрия Воронежского кристаллического массива // Геология, петрология и металлогения кристаллических образований Восточно-Европейской платформы. Т.1 -М., 1976. -С.83-91.

38. Плаксенко Н.А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии. - Воронеж, 1966. - 276 с.
39. Полищук В.Д., Полищук В.И. Метаморфические комплексы фундамента бассейна Курской магнитной аномалии // Метаморфические комплексы фундамента Русской плиты. - Л., 1978. - С.131-155.
40. Голивкин Н.И. Петрография и петрохимия пород стойло-николаевского габбро-диоритового комплекса КМА // Материалы по геологии и полезным ископаемым Центральных районов Европейской части. - М., 1962. - С. 25-33.
41. Голивкин Н.И. О тектоническом строении докембрийского фундамента Курской магнитной аномалии // Изв. вузов. Геол. и разведка. - 1972. - № 7. - С. 35-42.
42. Крестин Е.М., Афонин В.В. Основные черты петрографии и геохимии гранитоидных образований Курской магнитной аномалии // Бюл. МОИП. Отд. геол. - 1976. - № 1. - С. 89-99.
43. Крестин Е.М. Докембрий КМА и основные закономерности его развития // Изв. вузов. Геол. и разведка. - 1980. - № 3. - С.3-18.
44. Скрибин В.Ю. Природа структурно-вещественной неоднородности гипаббисальных гранитных интрузий (на примере Лискинского массива): Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. - М., 1989. - 19с.
45. Савко К.А., Лебедев И.П. Петрология архейских флогопит-диопсидовых мраморов Брянского блока Воронежского кристаллического массива // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. - 1996. - №2. - С. 32-42.
46. Шмидт Н.Г. Опыт применения геофизических методов для целей геологического картирования фундамента КМА // Сов. геология. - 1957. - № 58. - С.3-21.
47. Любимов А.А. Исследование докембрийского фундамента железорудных районов гравиметрическими и магнитными методами (на примере КМА) Автореф. дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. - М., 1975. - 56 с.
48. Конаев В.В., Любимов А.А. Геологическое строение кристаллического фундамента Центральных районов КМА (Истобнянско-Медвенский, Курско-Бесединский участки) по геофизическим данным // Труды третьего совещания по проблемам изучения Воронежской антеклизы. - Воронеж, 1966. - С. 359-365.
49. Чернышов Н.М. Докембрийские интрузивные комплексы основных и ультраосновных пород Воронежского кристаллического массива и общие черты их рудоносности // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1972. - № 4. - С. 35-47.
50. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л., Фролов С.М. К петрологии амфиболитов раннего докембрия КМА // Сов. геология. - 1979. - № 4. - С. 109-114.
51. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л., Молотков С.П. Магматические формации и рудоносность раннего докембрия ВКМ // Петрология и металлогения магматических и метаморфических комплексов ВКМ и смежных районов. - Воронеж, 1983. - С.30-42.
52. Чернышов Н.М., Чесноков В.С. Траппы Курской магнитной аномалии. - Воронеж, 1983. - 276 с.
53. Чернышов Н.М. Типы никеленосных интрузий и мелано-никелевого оруденения Воронежского массива // Сов. геология. - 1986. - № 12. - С. 42-54.
54. Фролов С.М. Генетические типы базит-гипербазитовых интрузий мамонского комплекса и их взаимоотношения // Вопросы геологии и металлогении докембрия Воронежского кристаллического массива. - Воронеж, 1976. - С. 61-65.

УДК 550.831

## ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРЕЗА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Ю.П. Конценебин, Е.Н. Волкова

*Саратовский государственный университет*

Физико-геологические модели Кушумской площади центральной части Прикаспийской впадины указывают на расчлененный рельеф поверхностей подсолевых отложений. Выводы, сделанные на основании анализа согласованных моделей, позволяют рекомендовать в качестве первоочередных объектов для детальных поисково-разведочных работ на нефть и газ участки наиболее высокого залегания подсолевых горизонтов.

Сложное строение разреза Прикаспийской впадины обусловлено солянокупольной тектоникой и глубоким залеганием подсолевого ложа и фундамента (мощность садочного чехла достигает 20 км).

В этих условиях данные бурения и сейсмо-разведки по оценке строения и происхождения впадины носят противоречивый характер. Единственно, что никто не отрицает - это наличие многочисленных высоких соляных штоков (куполов), разделяемых узкими мульдами, заполненными терригенными отложениями. Что же касается подсолевых гори-

зонтов и кристаллического фундамента, то одни исследователи считают, что их поверхности ступенчато погружаются к центру впадины, другие - что на фоне крутых крыльев поднятий и впадин могут формироваться рифы, перспективные на нефть и газ.

В связи с этим целесообразно проанализировать данные различных методов на основе составления, например, гравиметрической модели разреза. Выбор данных гравиразведки для моделирования обоснован тем, что в гравитационном поле содержится интегральная (суммарная) информация о гео-