

6. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. «Золото». / Отв. ред. Беневольский Б.И., Вартамян С.С. — М.: ЦНИГРИ, 2002.
7. Мигачев И.Ф., Карпенко И.А., Иванов А.И. и др. Золоторудное месторождение Сухой Лог — переоценка и оценка прогноза рудного поля и района // Отеч. геология. — 2008. — № 2. — С. 55–67.
8. Митрофанов Е.А., Макаров С.И. Условия локализации и морфология рудных залежей Хиагдинского месторождения. / Матер. по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Вып. 147. — М.: ВИМС, 2005. — С. 109–123.
9. Рафаилович М.С., Мизерная М.А., Дьячков Б.А. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства. — Алматы, 2011.
10. Трусов А.А. Особенности современной аэроэлектроразведки // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 7. — С. 31–36.
11. Chen T., Hodges G., Miles P. MULTIPULSE — high resolution and high power in one TDEM system. Exploration Geophysics, 2014a № 46(1). — P. 49–57.
12. Chen T., Hodges G. IP effect in airborne TDEM data: Model studies and field examples. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2014b — P. 828–832.

© Калмыков Б.А., Трусов А.А., 2015

Калмыков Борис Александрович // kalmykov@aerogeo.ru
Трусов Алексей Андреевич // trusov@aerogeo.ru

УДК 551.4.075.550.3

Агеев С.Н., Лёвин Ф.Д. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика»)

ВОЗМОЖНОСТИ АЭРОМАГНИТНОЙ СЪЕМКИ ПРИ КАРТИРОВАНИИ ДРЕВНИХ РЕЧНЫХ И ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

*В процессе аэромагнитной съемки, проведенной АО «ГНПП «Аэрогеофизика» в 2008–2011 гг. на территории ЮФО, выявлены магнитные аномалии, связанные с аллювием среднемиоценовых палеорусел. По этим данным откартированы три разновозрастные палеодолины, перекрытые плиоценовым аллювием и не выраженные в современном рельефе, а также речные отложения на водоразделах. Первые приурочены к территориям, претерпевшим на неотектоническом этапе опускание, а вторые — поднятие. Выявлены также линейные локальные аномалии низкой интенсивности, являющиеся либо результатом окисления рудных тел U-P-TR формации в зонах разрывных нарушений, либо связанные с первичными концентрациями магнитных минералов в прибрежно-морских позднеолигоценовых барообразных мелях. **Ключевые слова:** аэрогеофизика, аэромагнитная съемка, магнитное поле, палеодолина.*

Ageev S.N., Levin F.D. (Aerogeophysics)

THE POSSIBILITIES OF AIRBORNE MAGNETIC SURVEY WHEN MAPPING ANCIENT RIVER AND SHORELINE SEDIMENTS

In 2008–2011 when GNPP «Aerogeophysics» was performing airborne magnetic survey on the territory of Southern Federal District, some magnetic anomalies related to alluvium of the middle Miocene paleochannels. Three paleovalleys of different ages superposed by the Pliocene alluvium and not visible in the geometry, as well as river sediments at watershed, were mapped with the help of the data. The former coincide with the territories which underwent sinking at neotectonic stage, and the latter underwent lifting. Low intensity linear local anomalies which resulted either from orebody of U-P-TR formation oxidation in the areas of disjunctive dislocations, or are related to the initial

*concentrations of magnetic minerals in coastal Late Oligocene bar resembling shoals, were also discovered. **Key words:** aerogeophysics, airborne magnetic survey, magnetic field, paleo-valley.*

В 2008–2011 гг. на территории Южного федерального округа организацией ГНПП «Аэрогеофизика» были проведены комплексные аэрогеофизические исследования (аэрогравиметрия, аэромагниторазведка) м-ба 1:50 000 — 1:100 000. В процессе этих работ на полученных аэромагнитных картах в районе возвышенности Ергени, Сальско-Маньчской гряды и Кума-Маньчской впадины в нескольких разнонаправленных протяженных зонах шириной от 5 до 45 км было зафиксировано дифференцированное поле локальной составляющей (ΔT)_a, состоящее из многочисленных сильно вытянутых и изогнутых аномалий интенсивностью $\pm 1\text{--}9$ нТл, напоминающих по форме речные излучины (меандры) (рис. 1 А).

Сопоставление с имеющимися геологическими данными показало, что эти аномалии можно интерпретировать как участки накопления магнитных минералов тяжелой фракции, по-видимому, представляющие собой русловые косы среднемиоценовых палеорусел. В частности, из материалов карты [1] видно, что в районе одного из аномальных участков по буровым данным ранее были выделены аллювиальные отложения среднемиоценовой яшкульской свиты, а к юго-западу от них в районе другого аномального участка — так называемый «Бурукшунский миоценовый каньон», протягивающийся более чем на 150 км на юго-запад от Ергенинской возвышенности до р. Егорлык.

Отложения яшкульской свиты представлены аллювиальными песками и глинами с гравием и галькой мощностью до 200–250 м. Они заполняют эрозионные впадины поверхности верхнеолигоцен-нижнемиоценовых майкопских глин и перекрыты плиоценовыми (понт-киммерийскими) ергенинскими песками (рис. 2). Возраст свиты установлен как чокрак-раннесарматский.

На наличие на территории съемок древних палеодолин указывали ранее многие исследователи [3] (рис. 2), но определить их точное расположение удалось только благодаря высокоточной аэромагнитной съемке, поскольку в рельефе местности обнаруженные палеодолины никак не проявлены (рис. 1 Б). Анализ материалов аэромагнитной съемки позволил выделить в данном районе три палеодолины разного возраста (рис. 1, 2), характеризующиеся к тому же существенно различным направлением намагниченности, т.е. наличием остаточной намагниченности с коэффициентом Кенигсбергера $Q > 1$. К сожалению, эта информация сама по себе мало помогает уточнить возраст водотоков, поскольку за период среднего миоцена смена палеомагнитной полярности происходила около 40 раз!

«Ранняя» палеодолина имеет северо-восточное простирание, протяженность по территории съемок до 200 км и ширину до 17 км. Выработавший ее водоток, по-видимому, являлся небольшим проливом, который начинался из морского бассейна, соединявшего в среднем миоцене палеобассейны Каспийского и Черномор-

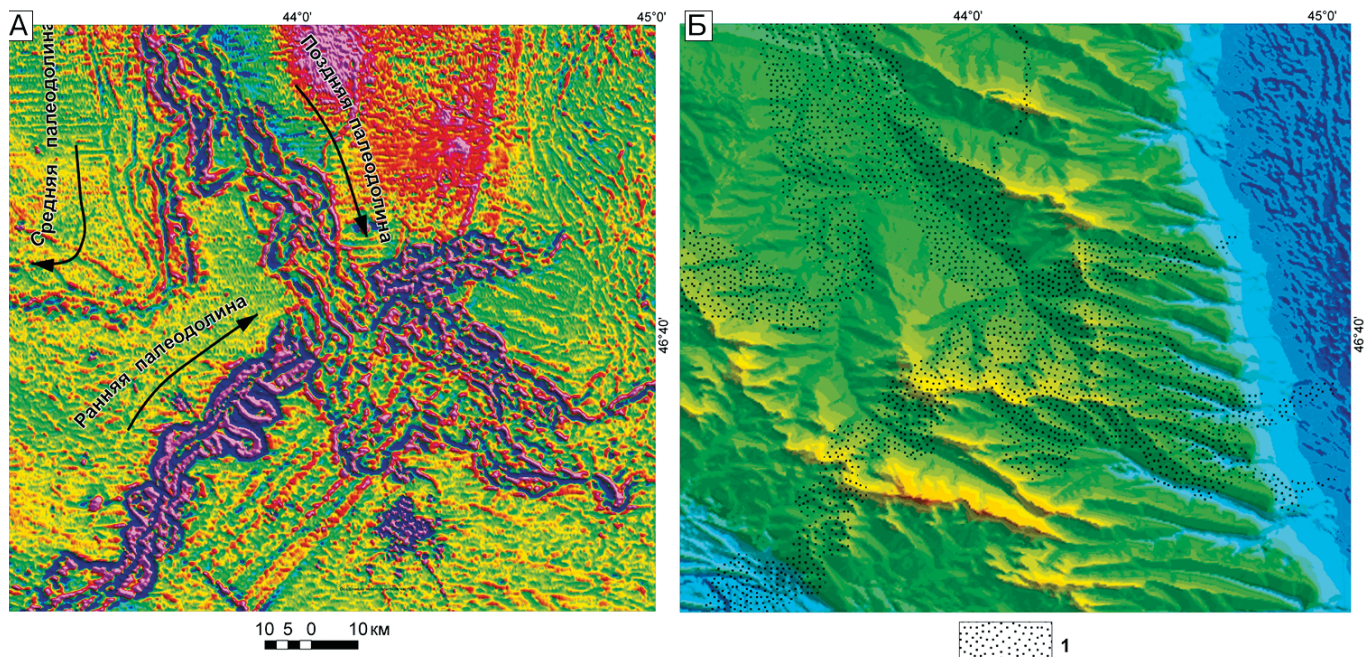


Рис. 1. Выраженность отложений среднемиоценовых палеодолин на карте локальных аномалий магнитного поля (А) и отсутствие их выражения на карте рельефа местности (Б) (район возвышенности Ергени). Листы L-38-II, VII-IX, XIV, XV. 1. — палеодолины

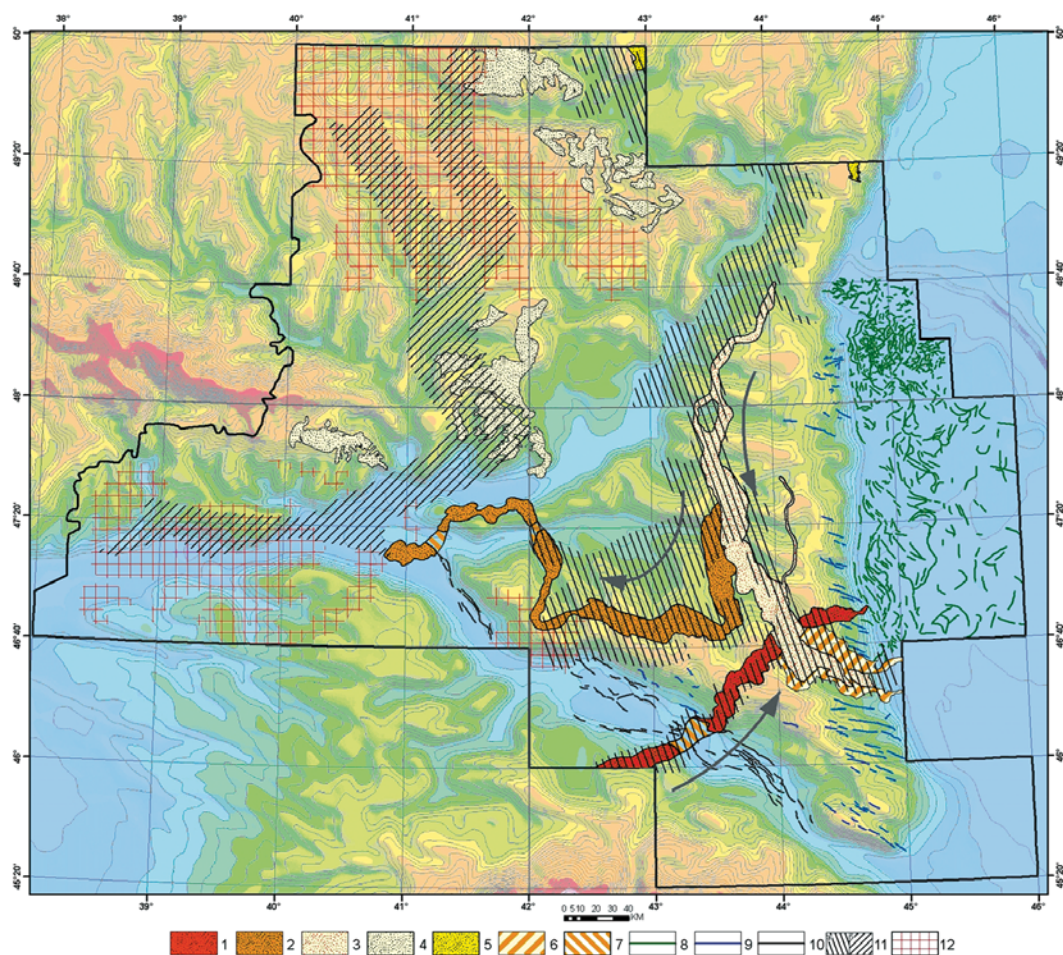


Рис. 2. Магнитоактивные фации речных, элювиальных и эоловых отложений среднемиоценового — голоценового возраста на фоне сглаженной карты рельефа местности (по результатам интерпретации локальных аномалий магнитного поля; стрелками показаны направления течения водотоков): 1–3 — аллювиальные отложения палеодолин яшкульского времени (средний миоцен): 1 — ранней, 2 — средней, 3 — поздней; 4–5 — отложения долины палео-Дона: 4 — пески верхов полтавской серии (средний миоцен) и образованные на их основе «скифские» глины (эоплейстоцен); 5 — пески ергинской серии (верхний миоцен — средний плиоцен); 6 — участок отложений ранней палеодолины яшкульского времени (средний миоцен), перекрытых поздним водотоком яшкульского времени; 7 — участки отложений палеодолин яшкульского времени (средний миоцен), перекрытых современными водотоками (плейстоцен-голоцен); 8 — четвертичные русловые косы Палео-Волги; 9 — гребни водоразделов и тальвеги балок современного рельефа в районе Ергеней; 10 — плейстоценовые русловые косы Манычского пролива; 11 — отложения палеодолин по ретроспективным данным: а — среднемиоценовых, б — нижнемиоценовых; 12 — районы, характеризующиеся интенсивным знакопеременным магнитным полем, плохо поддающимся интерпретации

ные русловые косы Палео-Волги; 9 — гребни водоразделов и тальвеги балок современного рельефа в районе Ергеней; 10 — плейстоценовые русловые косы Манычского пролива; 11 — отложения палеодолин по ретроспективным данным: а — среднемиоценовых, б — нижнемиоценовых; 12 — районы, характеризующиеся интенсивным знакопеременным магнитным полем, плохо поддающимся интерпретации

ского морей*, протекал на северо-восток через Бурукшунский каньон и впадал в Каспийский бассейн на территории съемок (рис. 2). После выхода из Бурукшунского каньона он отличался очень медленным течением, поскольку по данным аэромагнитной съемки для его русла характерно крайне интенсивное меандрирование. «Ранняя» палеодолина характеризуется крайне высокой концентрацией магнитных минералов в шлиховой фракции, что следует из максимальной интенсивности связанных с ней магнитных аномалий (рис. 1), а преобладающее направление намагниченности ее отложений соответствует направлению современного магнитного поля. Абсолютная отметка ложа палеодолины по данным бурения достигает 160 м. Попытка путем моделирования количественно оценить содержание минералов магнитной фракции в составе аллювиальных отложений «Ранней» палеодолины показала, что оно может достигать 10–20 кг ферромагнитных минералов на 1 м³ аллювиальных отложений при мощности вмещающих аллювиальных отложений до 70 м (рис. 2).

«Средняя» палеодолина в своей северной части видимо имеет субмеридиональное простирание (на этом участке она совмещена с «Поздней» палеодолиной), но в районе Элистинского вала делает резкий поворот на запад (рис. 1, 2). Общая протяженность ее отложений, фиксируемых аэромагнитной съемкой на рассматриваемой территории до Ростовского выступа — около 530 км при ширине до 18 км. Далее на запад или юго-запад проследить «Среднюю» палеодолину не представляется возможным в связи с наличием там интенсивного знакопеременного магнитного поля, плохо поддающегося интерпретации.

Выработавший «Среднюю» палеодолину водоток, очевидно, формировался на Восточно-Европейской платформе и впадал в Черноморский бассейн, возможно представляя собой древний вариант палео-Дона. Южное направление течения этого водотока определяется на его меридианальном отрезке, где структуры «Поздней» палеодолины, водоток которой имел южное направление течения, плавно переходят в структуры «Средней» палеодолины (рис. 5). Анализ карт магнитного поля позволяет утверждать, что аллювиальные отложения «Средней» палеодолины характеризуются преобладающим направлением намагниченности противоположным направлению современного магнитного поля.

«Поздняя» палеодолина также имеет субмеридиональное простирание. Общая ее протяженность, фиксируемая аэромагнитной съемкой, около 330 км при ширине до 45 км. Сформировавшийся ее водоток зарождался на Восточно-Европейской платформе и в своей северной части использовал более древнюю — «Среднюю» палеодолину, размывая ее отложения. Южнее он пересекал «Раннюю» палеодолину, также активно размывая и переоткладывая ее отложения, и впадал в Каспийский бассейн. При этом южное направление его течения определяется исходя из того, что после размыва сильно магнитных отложений «Ранней» палеодолины они были переотложены южнее участков размыва (рис. 1, 2).

Отложения «Поздней» палеодолины также как и отложения «Средней» палеодолины характеризуются преобладающим направлением намагниченности противоположным направлению современного магнитного поля.

Следует отметить, что большая часть «яшкульских» палеодолин пространственно приурочена к приосевым частям современных водоразделов. При пересечении же палеодолин современными водотоками интенсивность их проявленности в магнитном поле резко падает, что, по всей вероятности, связано с размывом их отложений.

Неясным остается вопрос об источнике магнитных минералов в отложениях палеодолин. Предположение об их переносе с Воронежского щита водотоками «Средней» и «Поздней» палеодолин сомнительно, поскольку в этих палеодолинах массовое отложение магнитных минералов начинается только на описываемой территории — в трехстах километрах к ЮВ от возможного источника. Более того, нами откартирован мелкий левый приток «Поздней» палеодолины, явно берущий начало на территории съемок и, при этом, содержащий большое количество магнитных минералов (рис. 3). Еще более сложно представить перенос магнитных минералов водотоком «Ранней» палеодолины из морского бассейна, где он, по-видимому, брал начало.

В то же время следует отметить, что все три палеодолины прорезают отложения майкопской серии, в составе которых в значительном количестве присутствуют пирит и сидерит. Причем именно с момента появления в составе ложа палеодолин отложений майкопской серии в их аллювии резко возрастает количество магнитных минералов. Поскольку известно, что при окислении пирит и сидерит переходят в окислы и гидроокислы железа — гематит и лимонит, вполне возможно

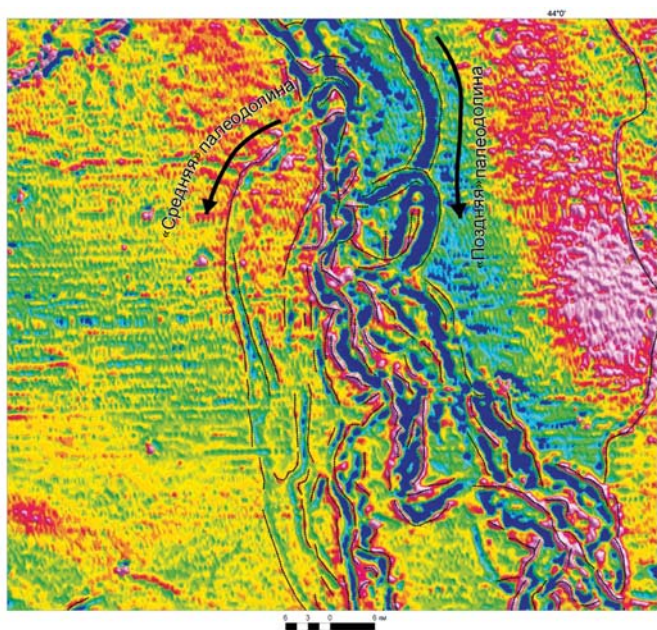


Рис. 3. Участок разветвления «Средней» и «Поздней» палеодолин на карте локальных аномалий магнитного поля. Справа видно русло небольшого левого притока «Поздней» палеодолины. Лист L-38-VIII

* Это подтверждается наличием в составе яшкульской свиты морской фауны [1]

связать повышенную магнитность аллювия всех трех выделенных палеодолин с вымыванием и окислением большого количества этих минералов.

Следует отметить, что выделенные по аэромагнитным данным участки палеодолин скорее всего представляют собой только часть реально существующих аллювиальных отложений «яшкульского» возраста. Если приведенное выше предположение о связи степени их намагничивания с окислением пирита и сидерита справедливо, то по данным аэромагнитной съемки картированию поддаются только те участки, которые характеризуются достаточно высокой степенью окисленности.

В пределах Донецкого кряжа и Восточного Донбасса, а также в центральной и северной частях Воронежского массива также выявлены площади, характеризующиеся дифференцированным полем локальной составляющей (ΔT), включающим в себя большое количество мелких локальных магнитных аномалий различного знака и формы интенсивностью $\pm 1-4$ нТл. Аномалии эти почти всегда пространственно приурочены к современным водоразделам.

Сопоставление этой информации с имеющимися геологическими данными позволило предположить, что данные аномалии отвечают участкам максимального накопления магнитных минералов тяжелой фракции в составе речных песков полтавской серии среднего миоцена, и залегающих на них эоплейстоценовых «скифских» глин (рис. 4), а также (у северной границы площади съемки) — речных песков верхнемиоцен-среднеплиоценовой ергенинской серии. При этом следует учесть, что в пределах значительных по размеру территорий Ростовского выступа и Воронежского массива. Картирование подобных отложений по данным аэромагнитной съемки сильно затруднено в связи с наличием там интенсивного знакопеременного локального магнитного поля, плохо поддающегося интерпретации.

Возраст образований полтавской серии [2] варьирует от верхнего олигоцена до нижнего миоцена. Однако согласно работе [3] миоценовая часть полтавской серии представлена новопетровской свитой, верхняя подсвита которой имеет среднемиоценовый возраст и является древними речными отложениями палео-Дона. Она представлена пестрыми, желтовато-серыми, зеленовато-серыми, кирпично-красными, розоватыми, палевыми иногда косослоистыми аллювиальными песками часто ожеженными, с прослоями глин, линзами ожеженных песчаников общей мощностью до 20 м.

В тех случаях, когда пески полтавской серии выходят на поверхность выравнивания понтийского возраста они перекрыты элювиально-делювиальными глинами эоплейстоценового возраста, обычно выделяемыми в качестве скифской свиты. В верхней части разреза это пестроцветные с преобладанием красных, кирпично-красных и красно-бурых цветов неслоистые, местами слабо песчаные глины с прослоями кварцевого песка, с включениями мучнистого карбонатного вещества, кристаллов гипса, а также мелких марганцево-железистых, а иногда и углистых образований. Мощность верхней пачки достигает 20 м. Большая часть скифских глин имеет обратную намагниченность. Большинство исследователей считают, что скифские глины являются полигенетическими образованиями, причем основу их составляют эоловые осадки, переотложенные делювиальным путем.

Верхняя часть ергенинской серии соответствует понтийскому и киммерийскому регионарусам и представлена орловской свитой, сложенной аллювиальными песками с линзами железистых песчаников мощностью до 30 м и считающимися отложениями палео-Дона.

Таким образом, по аэромагнитным данным нами картируется по крайней мере два комплекса речных отложений, принципиально различающихся по современной геологической позиции, хотя и те и другие считают-

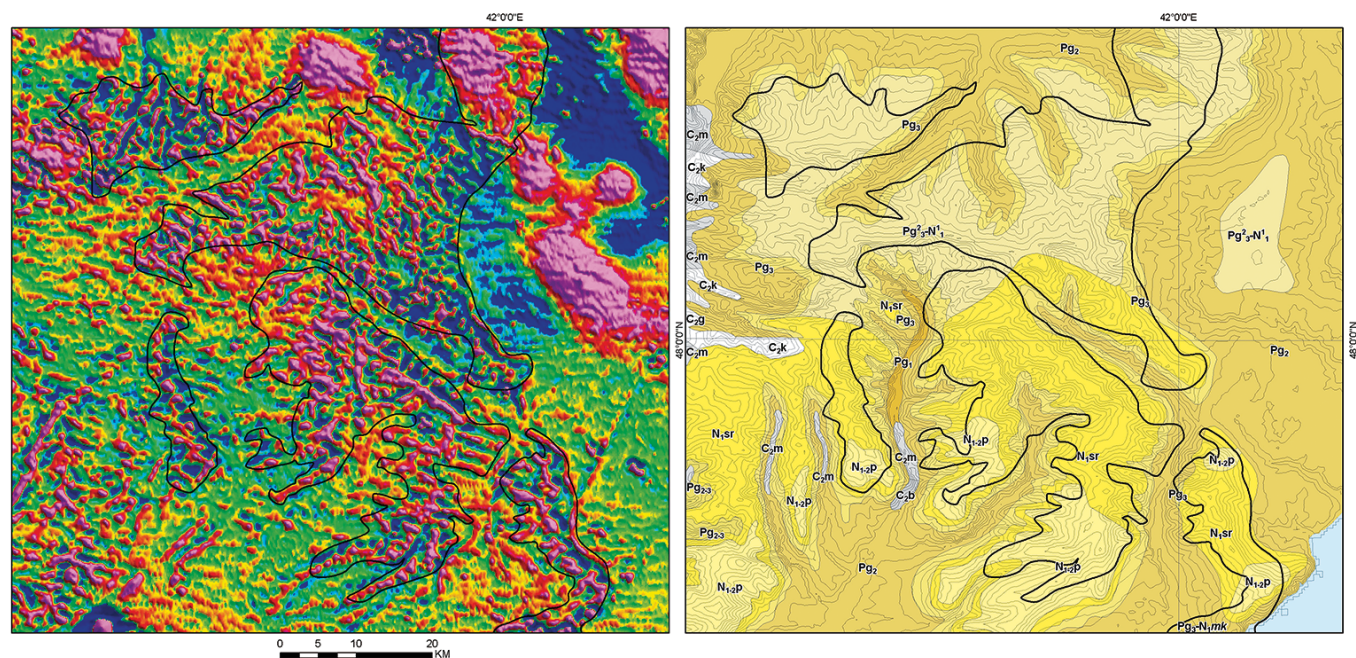


Рис. 4. Контуры речных песков верхов полтавской серии (средний миоцен) на карте локальных аномалий магнитного поля (слева) и на геологической карте (справа). Листы М-37-XXXVI, М-38-XXXI, L-37-VI, L-38-I

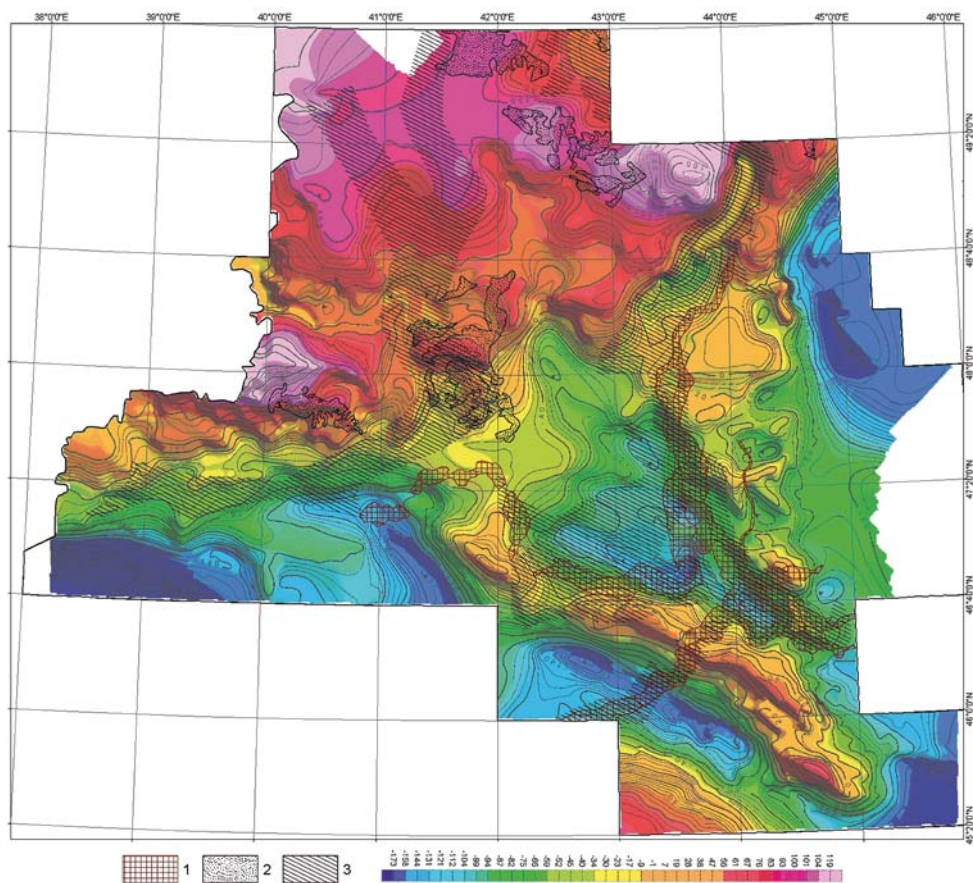


Рис. 5. Положение «яшкульских»(1) и «новопетровских»(2) речных отложений и отложения палеодолин по ретроспективным данным (3) на карте кровли отложений понтийского яруса и генетически связанной с ним поверхности выравнивания

ся отложениями палео-Дона. «Яшкульские» палеодолины в большинстве случаев погребены под 50–200 метровой толщей неогеновых и четвертичных отложений, в то время как «новопетровские» и «ергенинские» останцы речных отложений слагают вершины водоразделов (рис. 2). Однако если наложить места расположения «яшкульских», «новопетровских» и «ергенинских» отложений на карту неотектонических структур, каковой является составленная нами карта кровли отложений понтийского яруса и генетически связанной с ним поверхности выравнивания, то выяснится, что первые располагаются в пределах территорий, претерпевших на неотектоническом этапе относительное опускание (до 150 м), тогда как вторые и третьи — в пределах территорий, претерпевших на неотектоническом этапе поднятие до +110 м (рис. 5).

В процессе аэромагнитной съемки на востоке рассматриваемой территории в районе возвышенности Ергени также были зафиксированы многочисленные субпараллельные линейные локальные аномалии низкой интенсивности. Зона этих аномалий шириной не более 1 км протягивается на 100 км на юг от Ергенского поднятия вдоль основания Приволжско-Ергенинского уступа, постепенно расширяясь за счет появления новых субпараллельных аномалий, и далее полого поворачивает на юго-запад, пересекая Приволжско-Ергенинский уступ, Цимлянскую моноклинал, кряж Карпинского и достигая долины Маныча. В районе Элисты количество

субпараллельных аномалий в составе зоны резко возрастает и ширина ее, соответственно, увеличивается до 20 км. Суммарная протяженность зоны достигает 250 км. В районе Элисты субпараллельно ей к юго-востоку наблюдается еще несколько коротких сгустков субпараллельных локальных аномалий (рис. 6).

Аномалии отчетливо прерываются в районе долины Маныча, а также в районе описанной выше «Поздней» палеодолины яшкульского времени (рис. 6), из чего можно сделать два предположения:

во-первых, источники аномалий залегают на глубинах не более первых сотен метров, поскольку они подвергаются размыву как современными, так и древними водотоками, глубины залегания ложа которых в районе Элисты не превышают 200–300 м;

во-вторых, возраст источников аномалий досреднемиоценовый, поскольку они

подверглись размыву водотоком яшкульского (среднемиоценового) возраста.

Количественная оценка альтитуд залегания источников магнитных аномалий дала значения 150–160 м. Сопоставление с имеющимися геологическими данными показало, что эти аномалии можно интерпретировать как участки максимального накопления или вторичной переработки минералов тяжелой фракции, фиксирующие прибрежно-морские фации баталпашинского горизонта среднемайкопского времени (поздний олигоцен). К этому времени рассматриваемая территория находилась в районе внешнего шельфа, представляющего собой слабо наклоненную в сторону океана поверхность, находившуюся между внутренним материковым и островным шельфом и материковым склоном.

Отложения внешнего шельфа представлены плотными некарбонатными слабослюдистыми глинами с редкими включениями кристаллического пирита и конкрециями сидерита, прослоями костного детрита рыб. Диагенез этих глин проходил в условиях ярко выраженного восстановительного режима, в результате чего внутри их толщи были сформированы многочисленные залежи костного детрита песчано-алевритовой размерности, заключенного в глинисто-сульфидном материале. Эти залежи представляют собой промышленные объекты уран-фосфорно-редкоземельной рудной формации.

При наложении на карту локальных магнитных аномалий схемы расположения ураноносных объектов вы-

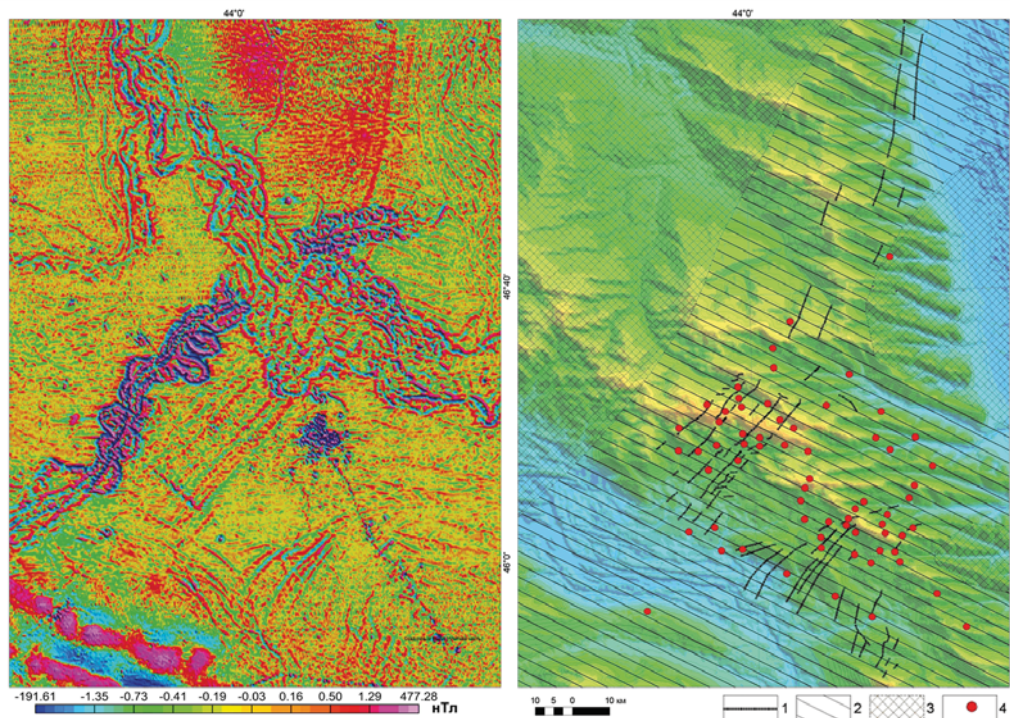


Рис. 6. Участки накопления тяжелой фракции, обогащенной магнитными минералами или зоны окисления сульфидов железа, фиксирующие прибрежно-морские фации среднемайкопского времени в районе возвышенности Ергени на карте локальных аномалий магнитного поля (слева) и на карте рельефа местности (справа). Листы L-38-II, VII-IX, XIV, XV. 1 — участки накопления минералов тяжелой фракции, обогащенной магнитными минералами или зоны окисления сульфидов железа; 2 — области олигоцен–раннемиоценового внешнего шельфа (по априорным данным); 3 — области олигоцен–раннемиоценового внутреннего шельфа (по априорным данным); 4 — месторождения, проявления и точки минерализации уран-фосфорно-редкоземельной рудной формации

явлено, что, с одной стороны, эти объекты в целом сконцентрированы в виде двух групп, каждая из которых приурочена к одному из вышеописанных ступков субпараллельных локальных магнитных аномалий, но, с другой стороны, сами объекты находятся в промежутках между магнитными аномалиями и как бы «избегают» их (рис. 6). Все это позволяет предположить, что описываемые магнитные аномалии либо являются результатом частичного окисления сульфидов железа рудных тел в зонах разрывных нарушений или в диагенетических трещинах, либо связаны с первичными концентрациями минералов тяжелой фракции в прибрежных барообразных мелях.

Выводы

В результате анализа материалов высокоточной аэромагнитной съемки, проведенной АО «ГНПП «Аэрогеофизика», в пределах ЮФО были откартированы древние русловые и прибрежно-морские отложения:

в районе возвышенности Ергени, а также к западу и юго-западу от нее выделены и откартированы три погребенные палеодолины среднемиоценового возраста протяженностью до 530 км и шириной до 45 км. Повышенная намагниченность аллювия этих палеодолин связывается с вымыванием и окислением сидерита, в больших количествах содержащегося в майкопских глинах ложа палеодолин;

в пределах Донецкого кряжа и Восточного Донбасса, а также в центральной и северной частях Воронежского массива выявлены участки накопления магнитных минералов тяжелой фракции в составе речных песков среднего миоцена и эоплейстоценовых «скифских» глин, а также в составе речных песков верхнемиоценовой-среднеплиоценовой ергенинской серии;

в районах Приволжско-Ергенинского уступа и кряжа Карпинского откартирована зона, образованная субпараллельными линейными локальными магнит-

ными аномалиями низкой интенсивности, имеющими субмеридиональное и северо-восточное простирание, протяженностью до 100 км и шириной до 20 км. Эти аномалии являются либо результатом частичного окисления сульфидов железа рудных тел уран-фосфорно-редкоземельной рудной формации в зонах разрывных нарушений или в диагенетических трещинах, либо связаны с первичными концентрациями минералов тяжелой фракции в прибрежно-морских барообразных мелях среднемайкопского времени (поздний олигоцен).

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная геологическая карта РФ. М-б 1:1 000 000. Лист L-37, (38) (Ростов-на Дону). — СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.
2. Государственная геологическая карта РФ. М-б 1:1 000 000. Лист М-37,(38) (Воронеж). Объяснительная записка. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. — 295 с.
3. Макаров В.И., Макарова Н.В., Несмеянов С.А. и др. Новейшая тектоника и геодинамика области сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. — М.: Наука, 2006. — 206 с.

© Агеев С.Н., Лёвин Ф.Д., 2015

Агеев Сергей Николаевич // 7777@inbox.ru
Лёвин Фёдор Дмитриевич // fedorl@aerogeo.ru

УДК 550.3

Лёвин Ф.Д. (АО «ГНПП «Аэрогеофизика»)

УТОЧНЕНИЕ ВОЗРАСТА И ПЕТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРАНИТОИДОВ ПРИ ПОМОЩИ МАТЕРИАЛОВ АЭРОМАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

Сопоставление материалов аэромагнитной съемки, проведенной АО «ГНПП «Аэрогеофизика», с априорными геологическими данными позволило в приустьевой части р. Амгунь выделить из состава позднемелового нижне-