

ВЕРОЯТНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ СЕВЕРО-АФРИКАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

М.Ш. ЗАМИЛЬ

Российский университет дружбы народов

117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: m-zam@mail.ru

Предложена двойная модель образования бассейнов, развивавшихся на коре позднепротерозойского (пан-африканского) и раннепротерозойского (эбурнейского) возрастов. Возникновение бассейнов первой группы связывается с прогибанием участков охлаждавшихся гнейсовых куполов «преобразованной» (раннедокембрийской, но тектонически переработанной в конце протерозоя) пан-африканской коры. Для бассейнов второй группы рассматривается остывание очагов предкембрийского мантийного магматизма в качестве механизма зарождения, связанное с прогибанием их денсифицированных масс и расположенных над ними участков древней литосферы. На вероятное существование таких очагов указывает поля вендских вулканитов на поднятиях Анти-Атласа, Угарты и Регибата-Эглаба.

Ключевые слова: Северо-Африканская платформа; палеозойские бассейны; модели развития.

A POSSIBLE MODEL OF THE PALEOZOIC SEDIMENTARY BASINS EVOLUTION AT THE NORTH AFRICAN PLATFORM

M.SH. ZAMIL

RUDN University (Peoples' Friendship University of Russia)

117198, Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya street, 6; e-mail: m-zam@mail.ru

A dual model of the Paleozoic basins development, disposing on the Late Proterozoic (Pan-African) and the Early Proterozoic (Eburnean) crust, has been proposed. The formation of the first group basins is connected with the subsiding of the sections of the cooling gneissic domes of «rejuvenated» (Early Precambrian but tectonically reworked at the end of the Proterozoic) Pan-African crust. Accordingly, the development of the second group basins is a result of the Precambrian deep sited (mantle) magmatic chambers cooling and subsiding together with the sites of the old lithosphere, covering them. The manifestation of the Vendian volcanic units on Anti-Atlas, Ugarta, Regibat-Eglab uplifts is the most possible evidence of the mantle magmatic activity, which could create those chambers.

Keywords: North African platform; Paleozoic basins; models of development.

Северная Африка, за исключением Тель-Атласской области альпийской складчатости, представляет собой в тектоническом отношении платформу с докембрийским фундаментом и осадочным чехлом, сложенным комплексами отложений палеозоя (от кембрия до карбона включительно) и мезозоя — палеогена. Фундамент платформы имеет разный возраст: раннепротерозойский (эбурнейский) на западе, предкембрийский (пан-африканский) в центральной и восточной частях (рис. 1). Комплексы осадочного чехла разделены угловым несогласием, соответствующим по времени «синварисскому» поднятию платформы. Отложения накапливались на предтетисных окраинах Гондваны в палеозое и затем на отделявшейся от неё Африки.

В структуре палеозойского комплекса главное значение имеют бассейны овальной формы, харак-

теризуемые синседиментационным развитием [3]. В течение длительного времени эти структуры были объектами всестороннего изучения, поскольку являлись главными в Северной Африке «продукентами» углеводородов. Вместе с тем остается много неопределённостей в отношении глубинных механизмов, обусловивших развитие этих структур. Предложенные ранее модели бассейнообразования [1, 11, 12, 19] не объясняют безрифтовое заложение рассматриваемых бассейнов на древней пассивной материковой окраине и происхождение их специфической овальной формы.

Первый и главный шаг в обосновании альтернативных моделей образования бассейнов палеозоя заключался в выяснении соотношения структуры и плотностных неоднородностей Северо-Африканской платформы. Для этой цели была использована гравиметрическая карта Африки [5]. На постро-

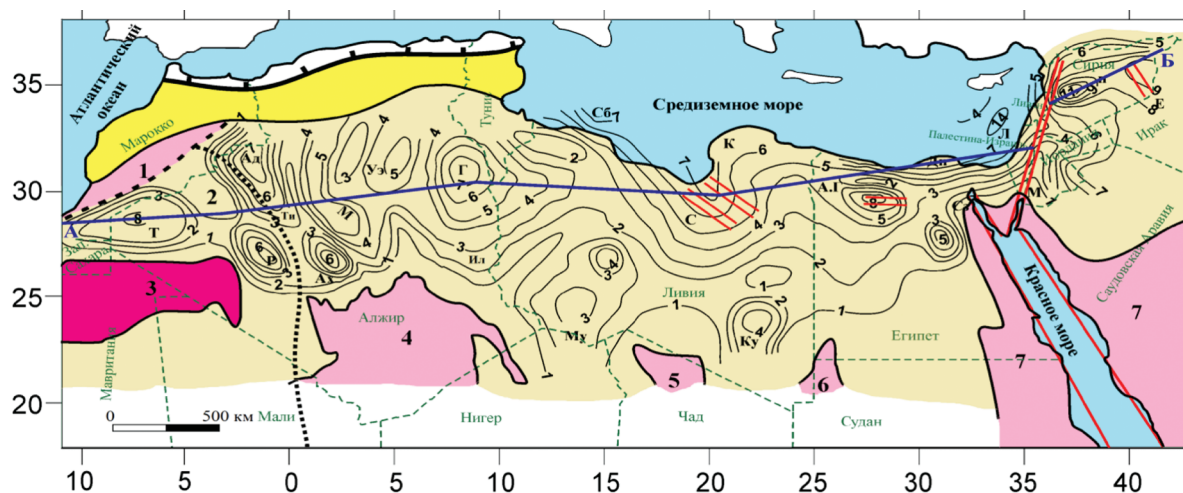


Рис. 1. Схема расположения структур главных осадочных бассейнов Северной Африки [3]: 1 – область альпийской складчатости (а – Тельская коллизионно-надвиговая зона; б – Атласская рифтово-блоковая зона); 2 – осадочный чехол на северных окраинах Африки и Аравии, сложенный отложениями палеозоя, мезозоя и палеогена; 3 – 4 – выходы на поверхности докембрийского фундамента (3 – пан-африканского; 4 – эбурнейского); 5 – граница между Атласской зоной и докембрийской платформой; 6 – кайнозойские и мезозойские рифты; 7 – надвиговая граница между зонами области альпийской складчатости; 8 – изогипсы залегания поверхности докембрийского фундамента (интервал в 1 км) и глубины депозитов осадочных бассейнов (арабские цифры вне изогипс); 9 – условная граница между Африканской платформой и её Анти-Атласской зоной каледонской активизации; 10 – предполагаемая граница между эбурнейским и пан-африканским фундаментом под осадочным чехлом; 11 – границы между странами; **осадочные бассейны:** Т – Тиндуф; Р – Регган; Ти – Тимимун; М – Муйдир; Г – Гадамес; Му – Мурзук; Ку – Куфра; Сб – Сибрата; Ад – Абадла; Л – Левант; П – Пальмириды; К – Киренаика; Мм – рифт Мёртвое море; Су.З – Суэцкий залив; К – Красное море; Е – Ефратский рифт; А.Г – Абу Гарадиг; С – Сирт; Уэ – УэдМия; Ил – Иллизи; **выступы фундамента:** 1 – Анти Атлас; 2 – Угарта; 3 – Регибат; 4 – Хоггар; 5 – Тибести; 6 – Джабаль Увайнат; 7 – Арабо-Нубийский щит

енном широтном структурно-гравиметрическом профиле отражена чётко выраженная согласованность кривой изменения поля сила тяжести с палеозойской структурой платформы: совпадение минимальных значений этого поля с депозитами бассейнов и умеренных значений с межбассейновыми поднятиями (рис. 2). Данная «гармоничность» свидетельствует о том, что отрицательное

поле силы тяжести большей части платформы обеспечивается низкоплотными комплексами верхней коры: мощностью её осадочного слоя и залегающими под ним породами гранитного или сходного состава. Для сравнения отметим, что характеризующимся очень большой мощностью (до 14 км) отложений мезозоя–кайнозоя Присредиземноморской переходной зоне и Восточно-Сре-

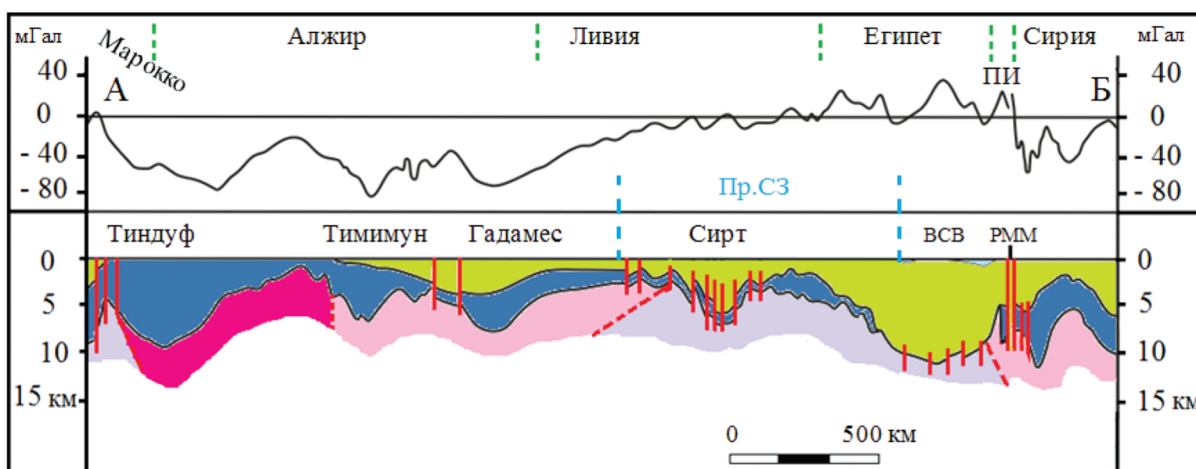


Рис. 2. Структурно-гравиметрический профиль через осадочных бассейнов Северной Африки (по линии А-Б, рис. 1) [4]: 1, 2 – комплексы осадочных бассейнов: 1 – мезозойско-кайнозойские; 2 – палеозойские; 3, 4 – предполагаемые (частично подтвержденные бурением) комплексы кристаллического фундамента; 3 – низкоплотные гранитомагматические; а – позднепротерозойские (пан-африканские); б – архейско-раннепротерозойские; 4 – высокоплотные гранулитовые пан-африканские; ВCB – Восточно-Средиземноморская впадина; ПИ – Палестина+Израиль; РММ – рифтовая зона Мёртвого моря; Пр.СЗ – Присредиземноморская переходная зона

диземноморскому мегабассейну [16] соответствует резко положительное поле силы тяжести, которое определяется высокоплотными (гранулитовыми) комплексами нижней коры [18].

Согласно сейсмическим данным, расчётам по результатам измерений поля силы тяжести земная кора Северной Африки имеет примерно равную мощность 38–40 км в широтном направлении [9]. Такая мощность в совокупности с отражёнными на представленном профиле закономерностями распределения разноплотных масс указывает на «исчезновение» объёмов нижней коры, соответствующих мощностям, накопившихся осадков (под депоцентрами бассейнов до 6–8 км). «Исчезновение» нижнекоровых масс могло происходить при увеличении их плотности до значений плотности мантийных пород. Таким образом, мы приходим к выводу, что процессы, определявшие непосредственно палеозойское бассейнообразование на Северо-Африканской платформе происходили на нижнекоровом уровне.

Бассейны палеозоя заложены на резко отличных по возрасту фундаментах (предкембрийском и раннепротерозойском) [8], но вместе с тем характеризуются принципиально идентичными структурно-гравиметрическими характеристиками. Это обстоятельство свидетельствует о сходстве условий денсификации коры вне зависимости от времени

её консолидации и, как это установлено, теплового состояния [17]. Из этого следует, что исходные процессы, определявшие эти условия для бассейнов двух указанных групп имели различную природу и поэтому должны трактоваться разными моделями.

По одной из ранее предложенных моделей, образование бассейнов палеозоя происходило при остывании разгорячённой перед кембрием «ювенильной» пан-африканской коры (т. е. вулканогенной и полностью созданной в позднем протерозое) [11]. Однако согласно региональной геологии и гравиметрическим данным фундамент Северо-Африканской платформы образован комплексами не «ювенильной», а «преобразованной» панафриканской коры, сложенными глубоко метаморфизованными породами раннего докембрия, тектонически переработанными и изотопно «омоложенными» в самом конце протерозоя [13]. Поэтому при обосновании модели развития эпипан-африканских бассейнов мы исходили из залегания в фундаменте платформы молодой коры именно «преобразованного» типа. Денсификация холодной эбурнейской коры, которая уже в позднем протерозое была перекрыта осадочным чехлом, могла быть вызвана процессами, происходившими на более глубоких, мантийных уровнях. Ниже рассматриваются «коровая» и «мантийная» модели образования соответственно эпи-

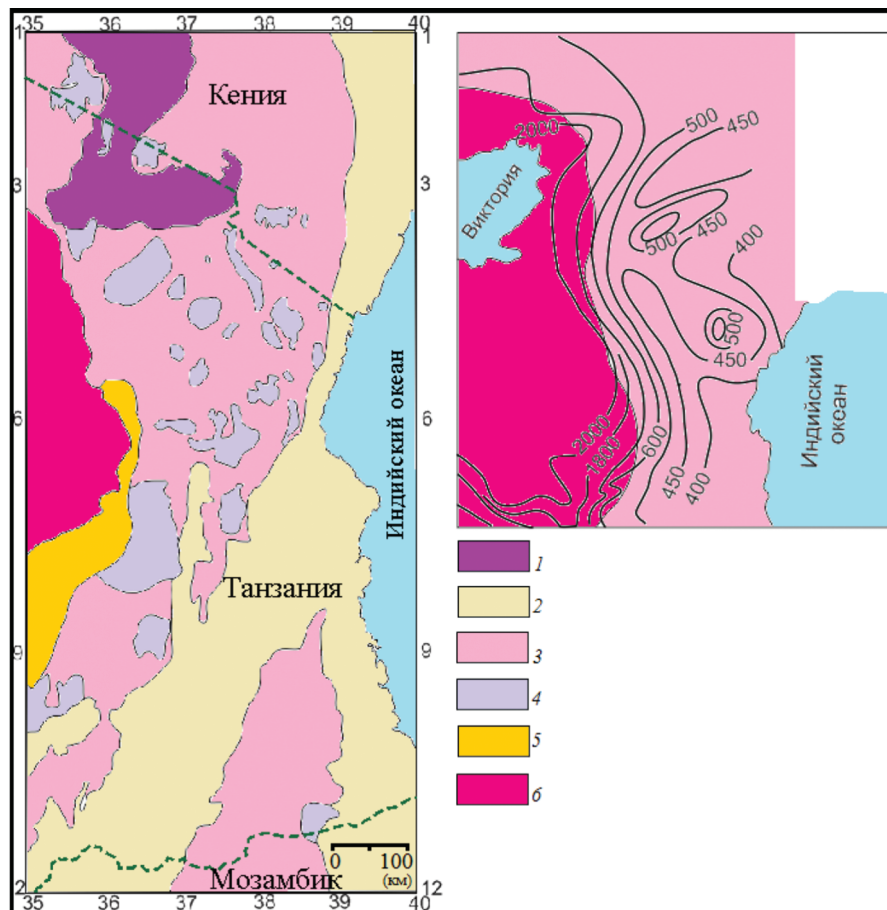


Рис. 3. А – Пан-африканская структура Танзанийско-Кенийского сегмента Мозамбикского пояса [9]; Б – изохроны в «преобразованном» пан-африканском фундаменте Восточной Танзании [2]: 1 – вулканические породы (кайнозой); 2 – осадочный чехол (мезозой–кайнозой); 3, 4 – метаморфические породы пан-африканского Мозамбикского пояса; 3 – амфиболитовой фации; 4 – гранулитовой фации; 5 – породы раннего протерозоя Усогарско-Убендийского пояса; 6 – архейский Танзанийско-Кенийский кратон

пан-африканских и эпизбурнских палеозойских бассейнов Северной Африки.

Для развития бассейнов первой группы большое значение должны были иметь структурные макронеоднородности «преобразованной» пан-африканской коры, которые могли обеспечивать её рассредоточенно-очаговые прогибания. В этом отношении особый интерес представляет район Восточной Танзании, где комплексы такой коры вскрыты на большой территории и детально изучены. Пан-африканская структура этого района характеризуется серией куполов, в ядрах которых среди гнейсов амфиболитовой фации вскрываются гранулиты (рис. 3, А) [10]. Гнейсовые купола образуют крупное оvoidной формы «поле», которое может быть подразделено на две-три части сходной формы. Для этих пород получены многочисленные K/Ar и Rb/Sr [2] датировки в диапазоне 600—400 млн. лет, которые отражают время охлаждения метаморфитов. Показано, что составленные по этим датировкам изохроны образуют, как и группы гнейсовых куполов, овоиды (рис 3, Б) [2], что является свидетельством сохранения данными структурами индивидуальности во время остывания коры.

Временной диапазон 600—400 млн. лет, на который приходился период остывания купольной структуры «преобразованной» коры в Восточной Танзании, охватывает венд и ранний палеозой, т. е. в значительной степени и время формирования бассейнов палеозоя Северной Африки [8]. Таким образом, установлено:

1) сходство морфологии рассмотренных пан-африканских структур, их структуры полей охлаждения и бассейнов палеозоя Северной Африки;

2) значительное временное «перекрытие» процесса охлаждения «купольного поля» пан-африканской коры и формирования палеозойских бассейнов.

Оба этих обстоятельства указывают на высокую вероятность возникновения бассейнов палеозоя вследствие ускоренного прогибания охлаждавшихся овоидных гнейсовых структур пан-африканской коры «преобразованного» типа.

Очаговые прогибания пан-африканской коры, начавшиеся в самом конце позднего протерозоя, должны были привести к переходу её комплексов через границы Мохоровичича и Конрада и их еще большей денсификации, т. е. к тому процессу, который обеспечил утонение (т. е. «исчезновение» части нижнего слоя) этой коры. С середины палеозоя именно эти коровые массы повышенной плотности могли обусловить последующее прогибание коры и развитие бассейнов. Увеличение со временем объемов этих масс могло вызвать от кембрия к карбону ускорение прогибания коры и накопления бассейновых отложений [3].

Показано, что денсификация пород коры сопровождается образованием флюидно-термальных потоков [14, 20]. В нашем случае они могли способствовать формированию межбассейновых поднятий и повышенной деформации на них отложений палеозоя во время регионального «син-варисского» поднятия. Приведённые факты и аргументы легли в основу модели возникновения и развития эпипанафриканских бассейнов палеозоя Северной Африки (рис. 4).

Овоидные, но «изотопно» менее охарактеризованные, чем в Восточной Танзании, структуры характерны для «преобразованной» пан-африканской коры также в Мозамбике, Малави. Их элементы просматриваются в пан-африканской структуре нагорья Хоггар. В её центральной, «антиклинорной» зоне, гнейсы амфиболитовой и гранулитовой фации серии Суггари образуют ядро крупной кольцевой формы, обрамляемой синтектоническими гранитами конца позднего протерозоя [15].

Значительное число изотопных датировок в интервале 600—400 млн. лет для комплексов «преобразованной» пан-африканской коры также получены и в других районах Африки [7], в связи с чем некоторые геологи оценивают «пан-африканский эпизод» как позднепротерозойско — раннепалеозойский [13].

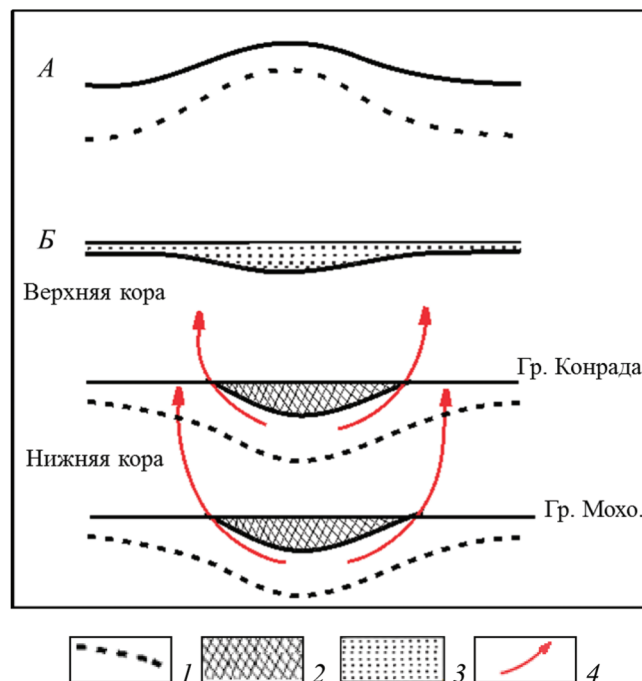


Рис. 4. Модель развития эпипанафриканских осадочных бассейнов палеозоя Северо-Африканской платформы: 1 — условные изотермы; 2 — зоны денсифицированных комплексов нижней и верхней коры; 3 — отложения палеозоя; 4 — флюидно-гидротермальные потоки из денсифицированных коровых комплексов; А — стадии купольных поднятий докембрийской коры; Б — стадии охлаждения коры максимального в районах купольных поднятий

В частности, эта точка зрения нашла отражение на карте «Geology and major ore deposits of Africa», на которой в пан-африканском фундаменте, в том числе на поднятиях Хоггара, Тибести и Восточной пустыне Египта, выделены комплексы конца позднего протерозоя—кембрия [15]. Таким образом, восточно-танзанийская овоидная структура и её палеозойское охлаждение не являются случайными и имеют региональный характер, что придаёт представленной модели высокую степень «достоверности».

На обширных территориях Африки комплексы пан-африканской коры «преобразованного типа» выступают в щитовых поднятиях и находились в таком положении в течение всего фанерозоя. Из этого следует, что их охлаждение могло вызвать прогибание при дополнительных условиях. Такие возникли на севере Африки, являвшейся в палеозое «пассивной» окраиной Гондваны и подвергавшейся, по аналогии с современным материковыми окраинами подобного типа, охлаждению со стороны океана Палеотетис.

Остывшая в конце раннего протерозоя эбурнейская кора могла начать палеозойское прогибание лишь под влиянием мантийных процессов. Свидетельством проявления мантийных процессов являются вулканы венда (риолиты, базальты) серии Варзат, залегающие в основании осадочного чехла под отложениями кембрия на поднятиях Анти-Атласа, Угарта. Кислые слабдеформированные вулканы позднего протерозоя залегают под палеозоем на востоке Регибатского щита. Как это предусмотрено одной из общих моделей [12],

прогибание древней литосферы и формирование на эбурнейской коре Северной Африки осадочных бассейнов палеозоя могло явиться следствием остывания вендских магматических очагов. При такой модели ускоренное развитие эпизабурнейских бассейнов могло быть следствием суммированного гравитационного эффекта охлаждавшихся предкембрийских мантийных магматических резервуаров и древней литосферы большой мощности.

Если по большинству представленных ранее и обосновываемым в работе альтернативным моделям прогибание литосферы и образование осадочных бассейнов палеозоя Северной Африки связывается с региональным охлаждением и избирательной денсификацией коровых или мантийных комплексов, то прекращение этих процессов следует считать результатом разогрева недр, происходящего в результате поднятия суперплюмов [6, 17].

Таким образом, развитие осадочных бассейнов палеозоя Северной Африки определялось временными соотношениями процессов уплотнения (при охлаждении) и разуплотнения (при разогреве) комплексов древней литосферы. Следовательно, сокращение в карбоне размеров бассейнов палеозоя Северной Африки [3] можно рассматривать как проявление ранних признаков «синварисского» разогревания недр Африки над начавшим подъем суперплюмом. Важно отметить, что именно в это время на сравнительно небольших глубинах произошла наиболее крупная диссипация углеводородов из главных в регионе нефтематеринских отложений силура.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артюшков Е.В. Механизм образования сверхглубоких осадочных бассейнов. Растяжение литосферы или эклогитизация? // Геология и геофизика. 2010. Т. 5. № 12. С. 1675–1686.
2. Долгинов Е.А., Давиденко И.В., Стихотворцева Н.А. и др. Геология и полезные ископаемые Восточной и Северо-Восточной Африки. М.: Недра, 1978. 230 с.
3. Долгинов Е.А., Замиль М.Ш., Ячменников Ю.М. Тектоническая природа осадочных бассейнов палеозоя и мезозоя севера Африки // Известия вузов. Геология и разведка. 2013. № 6. С. 6–13.
4. Долгинов Е.А., Замиль М.Ш., Ячменников Ю.М. Гравиметрические характеристики осадочных бассейнов Северной Африки и Северной Аравии и их возможная интерпретация // Известия вузов. Геология и разведка. 2009. № 2. С. 9–13.
5. Гравиметрическая карта Африки. М-6: 1:5000000. Изд. Мин. Геол. СССР. М.: ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ, 1989.
6. Behn M.D., Conrad C.P., Silver P.G. Detection of upper mantle flow associated with the African Superplume // Earth and Planetary Science Letters. 2004. Vol. 224. 17 May. P. 259–274.
7. Cahen L., Snelling N.J., Delhal D., Vail V.R., Bonhomme M., Ledant D. The Geochronology and Evolution of Africa. Oxford: Clarendon Press, 1984. 372 p.
8. Coward M.P., Ries A.C. Tectonic development of North African basins // Geological Society, London, 2003. V. 207. P. 61–83.
9. Getachew E.T., Meijde M., Nyblade A.A., Meer F.D. A crustal thickness map of Africa derived from a global gravity field model using Euler deconvolution // Geophys. J. Int. 2011. Vol. 187. P. 1–9.
10. Hauzenberger C.A., Bauernhofer A.H., Hoinkes G., Wallbrecher E., Mathu E.M. Pan-African high pressure granulites from SE-Kenya: Petrological and geothermobarometric evidence for a polycyclic evolution in the Mozambique belt // Journal of African Earth Sciences. 2004. V. 40 P. 245–268.
11. Holt P.J., Allen M.B., Hunen J., Bjornseth H.M. Lithospheric cooling and thickening as a basin forming mechanism // Tectonophysics. 2010. Vol. 495. P. 184–194.
12. Ismail-Zadeh A.T., Naimark B.M. Hydrodynamic model of sedimentary basin formation based on development and subsequent phase transformation of a magmatic lens in the upper mantle // Computational seismology and geodynamics. 1994. Vol. 3. P. 184–194.
13. Kröner A., Linnebacher P., Stern R.J., Reischmann T., Manton W., Hussein I.M. Evolution of Pan-African island arc assemblages in the southern Red Sea Hills, Sudan, and in southwestern Arabia as exemplified by geochemistry and geochronology // Precambrian Research. 1991. V. 53. P. 99–118.
14. McKenzie D., Nimmo F., Jackson J. A. Characteristics and consequences of flow in the lower crust. // Journal of geophysical research. 2000. Vol. 105. N B5, 10 May. P. 11029–11046.
15. Miles J.P. et al. Map «Geology and major ore deposits of Africa» Sc. 1:10000000. BRGM. Orleans (France), 2004.
16. Netzeband G.L., Gohl K., Hubscher C.P., Ben-Avraham Z., Dehghani G.A., Gajewski D., Liersch P. The Levantine Basin—crustal structure and origin // Tectonophysics. 2006. V. 418. P. 167–188.

17. Priestley K., McKenzie D., Debayle E., Pilidou S. The African upper mantle and its relationship to tectonics and surface geology // *Geophys. J. Int.* 2008. № 175. P. 1108–1126.
18. Rybakov M., Goldshmidt V., Fleisher L., Rotstein V. The crystalline basement in Central Israel derived from gravity and magnetic data // *Isr. J. Earth Sci.* 1999. N 48. P. 101–111.
19. Semprich J., Simon N.S.C., Podladchikov Y.Y. Density variations in the thickened crust as a function of pressure, temperature, and composition // *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch)* 2010. V. 99. P. 1487–1510.
20. Thompson A.B., Connolly J.A.D. Metamorphic fluids and anomalous porosities in the lower crust // *Tectonophysics*. 1990. Vol. 182. P. 47–55.

УДК 553.411

ВОЗМОЖНЫЙ РОСТ РЕСУРСОВ ЗОЛОТА НА ТРЁХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ — БАМСКОМ, МНОГОВЕРШИННОМ, ОЛЬЧА

Е.М. НЕКРАСОВ, Т.Н. КОСОВЕЦ

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М.Федоровского» («ВИМС») 119017, Россия, г. Москва, Старомонетный переулок, д.31; e-mail: necrasov @ibdc.ru

Краткий обзор составлен в память о безвременно и неожиданно ушедшем от нас ведущем знатоке золоторудных месторождений России М.М. Константинове. Показано, что, используя его материалы при доработке трех крупных отечественных месторождений — Бамское, Многовершинное и Ольча, можно существенно увеличить ресурсы золота.

Ключевые слова: месторождение; рудное тело; золото; серебро.

A POSSIBLE GROWTH OF THE GOLD RESOURCES AT THE THREE DOMESTIC DEPOSITS — BAMSKOE, MNOGOVERSHINNOE, OLCHA

E.M. NEKRASOV, T.N. KOSOVETS

Federal State Institution «All-Russian Scientific-Research institute of mineral resources named after N.M.Fedorovsky» (“VIMS”) 119017, Russia, Moscow, Staromonetny lane, 31; e-mail: necrasov @ibdc.ru

A brief review has been made to the memory of the untimely and suddenly gone from us, leading expert of the Russian gold ore deposits, M.M. Konstantinov. Using of his materials during the further exploration of the three large domestic deposits (Bamskoe, Mnogovershinnoe and Olcha) has been shown to be able to help to increase gold resources.

Keywords: deposit; ore body; gold; silver.

Как показано М.М. Константиновым в его последней книге [1], оруденение на Бамском месторождении заключено в пластине протерозойских и архейских гранитов, надвинутой и как бы наброшенной по Главному широтному надвигу на основание лейкократовых и биотитовых гранитов раннего протерозоя. Надвиг, погружающийся на юг, протягивается на восток более чем на 7 км. Местами ветви его прослеживаются как скрытые разрывы, залеченные зонами березитов и лиственитов. Оруденение на участке месторождения заключено между двумя дорудными разломами — Рудным и Длинным, северо-восточного простирания (рис. 1, [1, рис. 116, с. 199]). Они расположены на расстоя-

нии около 3 км один от другого и на этом протяжении в надвинутой пластине гранитов установлены непрерывно прослеживающиеся рудные тела, расположенные один над другим и распространяющиеся на глубину до 300 м и более. Вдоль южного фланга Рудного разлома также протягивается серия сравнительно коротких золоторудных тел. К востоку от разлома Длинный обнаружен другой, третий, и видимо, будут установлены прочие субпараллельные ему рудоподводящие разломы. Между ними, скорее всего, также могут быть проявлены золоторудные тела. Разведка их может значительно увеличить ресурсы золота. При этом, в связи с эрозией верхней кромки надвинутой плас-