
doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.04.055>

УДК 551.243 : 553.3 (477.62)

Н.Н. Шаталов

Институт геологических наук НАН Украины, Киев

E-mail: geoj@bigmir.net

Тектоника рудного узла “Балка Крутая” в Приазовье

Представлено академиком НАН Украины Е.Ф. Шнюковым

Приведены результаты исследования крупного рудоносного узла “Балка Крутая”, расположенного в Сорокинской грабен-синклинали Приазовского мегаблока Украинского щита. Определены закономерности разломно-блоковой тектоники и ее роль в формировании рудного узла. Охарактеризована Сорокинская грабен-синклинали и другие разломные зоны ортогональной и диагональной систем и их значение в локализации уникального редкометального месторождения “Балка Крутая”. Исследованы особенности пегматитов и проявленного магматизма, метасоматоза, минерало- и рудогенеза.

Ключевые слова: *тектоника, разломы, геоблоки, грабен-синклинали, дайки, редкометальное месторождение.*

В рудный узел “Балка Крутая” входит одноименное месторождение. Оно расположено в долине реки Берда, вблизи Бердянского водохранилища, в 31 км севернее г. Бердянск. Уникальное месторождение “Балка Крутая” — яркий пример комплексных редкометальных объектов [1–6]. Кроме бериллия, в нем обнаружены промышленные содержания тантала, лития и цезия. Месторождение открыто геологами Приазовской ГРЭ в 1964 г. и отличается тем, что локализовано в границах единственной и не имеющей аналогов в мире древней докембрийской структуры, которая выделена под названиями: *Сорокинская грабен-синклинали, Сорокинская разломная тектоническая зона, Сорокинская зеленокаменная структура*. Месторождение “Балка Крутая” было сформировано в пределах одноименного рудного узла, входящего в более крупный Сурожский структурно-металлогенический узел, который испытал значительный эрозионный срез. В границах Сурожского рудного узла, кроме редкометальных пегматитов, позже было открыто Сурожское месторождение золота. В связи с этим уникальный рудный узел следует отнести к так называемым *геологическим эксклюзивам*.

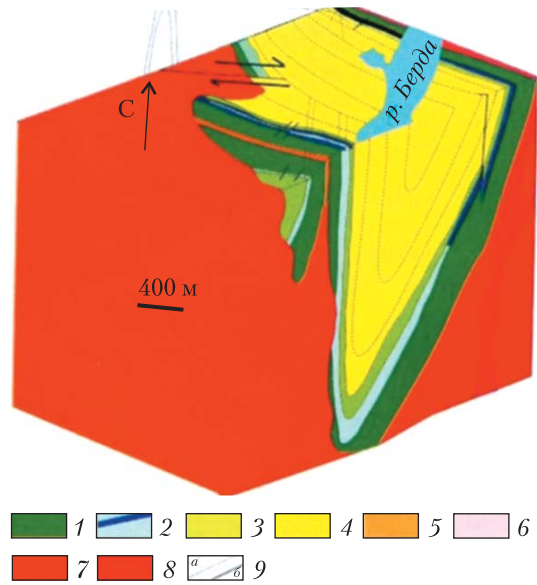
В тектоническом плане Сурожский и Крутобалковский рудные узлы приурочены к западной части Приазовского мегаблока УЩ. Месторождение редкометальных пегматитов “Балка Крутая” обнаружено в центральной части древней докембрийской структуры. Этот оригинальный геотектоген [1] является тектонической границей двух более крупных, плика-

тивных докембрийских структур Приазовья — Мангушского синклинория и Салтычанского антиклинория, в центральной части которого выделяется одноименный купол. Сорокинская структура интерпретируется также как глубинная линейная зона рифтогенеза, заложенная еще в архее (более 3,3 млрд лет) на гранулитогнейсовом основании докембрия (рис. 1). В плане это узкая и локальная полоса супракрустальных докембрийских образований протяженностью 35—40 км при максимальной ширине (“в раздувах”) до 2 км. Грабен-синклиналь от пород “рамы” отчленена субпараллельными глубинными разломами, имеет северо-западное (320—330°) простирание и крутое (75—85°) юго-западное падение. В своей северной части простирание структуры изменяется с северо-западного на субширотное — здесь образуется её коленообразный изгиб. Уровень эрозионного среза в границах структуры и рудного узла может достигать 5 км. Следовательно, от крупного щелеподобного, ровообразного прогиба-шва к настоящему времени сохранились лишь его глубинные части (см. рис. 1).

Сорокинская грабен-синклиналь неоднократно оживлялась [3—5]. Об этом свидетельствуют многочисленные преимущественно согласные дайки, зоны смятия, катаклаза и милонитизации (рис. 2). Кроме продольных разломных тектонических зон здесь наблюдаются также поперечные (северо-восточные) и секущие (субмеридиональные и субширотные) разломы. Системами ортогональных и диагональных разломов грабен-синклиналь расчленена на отдельные мелкие геоблоки (Андреевский, Сорокинский, Осипенковский, Садовый), которые испытали перемещения по латерали и в вертикальном направлении. В связи с этим она приобрела своеобразную “клавишную” структуру, где на уровень современного эрозионного среза выведены горнопородные комплексы разного уровня глубинности (плотности). Такое блоковое строение является основой нетипичности его аномального гравитационного и магнитного полей [1, 5]. В направлении с северо-запада на юго-восток глубина эрозионного среза в пределах грабен-синклинали заметно уменьшается, что отражается не только на составе метаморфических пород различных её участков, но и на степени их метаморфизма. Так, в пределах Андреевской магнитной аномалии, приуроченной к наиболее приподнятому геоблоку, установлены реликты образований гранулитовой фации, а в юго-восточной части на Садовом участке (опущенный геоблок) выявлен наиболее полный разрез слабо метаморфизованных пород (эпидот-амфиболитовая фация). Промежуточное положение занимает геоблок, к которому приурочено редкометальное месторождение “Балка Крутая” и Сурожское месторождение золота. Здесь широко развиты диафориты по породам амфиболитовой фации [1]. Мощность слагающих грабен-синклиналь осадочно-вулканогенных пород составляет более 1 км. В современных стратиграфических схемах они расчленены на нижне- и верхнеосипенковскую свиты, отвечающие соответственно неорархей и палеопротерозою.

Тектоническую позицию редкометального месторождения “Балка Крутая” определяют грабен-синклиналь и системы ортогональных и диагональных разломных тектонических зон разного ранга. Месторождение приурочено к центральной части Сорокинской грабен-синклинали, закартированной в пределах Западно-Приазовского геоблока УЩ. За счет взаимной суперпозиции и тектоно-магматической активизации диагональных и ортогональных разломных зон в участке, где обнаружено Сурожское месторождение золота и редкометальное месторождение “Балка Крутая”, произошел значительный “раздув” Сорокинской грабен-синклинали. В связи с этим здесь сформировался крупный Сурожский структурно-металлогенический узел. Более мелкий, “пегматитовый узел Балка Крутая”, закартирован

Рис. 1. Объемная модель строения Сорокинской грабен-синклинали [4]. 1 – метабазиты; 2 – метаультрабазиты; 3 – метабазиты верхней части разреза; 4 – метаконгломераты и сланцы осипенковской свиты; 5 – лавово-субвулканические образования сурожской свиты; 6 – гипабиссальные образования; 7 – интрузивные плагиигранитоиды шевченковского комплекса; 8 – граниты двухполюшатовые; 9 – контакты и структурные линии



на правом склоне б. Крутая, в 0,6 км севернее Сурожского месторождения. Пегматитовое поле редкометальных пегматитов “Центральное” приурочено здесь к одному из приподнятых горстов Сорокинской грабен-синклинали, где отдельные тела пегматитов выходят на дневную поверхность. Пегматитовое поле “Центральное” расположено в апикальной части локального горстовообразного поднятия. В структурном плане редкометальные пегматиты тяготеют к разломам обрамления этой горстовой структуры, т. е. к контактам пород архея (гранодиориты), мета- и ультрабазитам и сланцевой толще палеопротерозоя.

Итак, месторождение “Балка Крутая” размещено в центре структурно-металлогенического узла, в наиболее расширенной части Сорокинского трога, которая образовалась в зоне её горизонтального подворота и расщепления [3–5]. Формирование поля редкометальных пегматитов связано с многочисленными продольными и секущими разрывными нарушениями трога, образующими ортогональные и диагональные системы. Главными на месторождении являются разломы северо-западной и северо-восточной ориентировки. Это наглядно иллюстрирует рис. 3. Подчиненное значение здесь имеют разломы субширотной и субмеридиональной ориентировки. Разломы северо-западной ориентировки являются более древними и глубинными. Они заложены в архее и играют важную роль. С ними связаны значительные вертикальные смещения прибортовых зон Сорокинской грабен-синклинали, формирование ультра- и метабазитов, железистых кварцитов, различных по составу даек (диабазов, диабазовых порфириров, лампрофилов, кварцевых порфириров и др.) и рудоносных тел редкометальных пегматитов. Вместе с системами разломов северо-восточной ориентировки они создают также основной “каркас” разломно-блокового строения как грабен-синклинали в целом, так и месторождения в частности. Многочисленными поперечными системами разломов северо-восточной ориентировки рудоносные тела месторождения “Балка Крутая”, как и грабен-синклинали в целом, расчленяются на отдельные мелкие геоблоки, смещенные относительно друг друга (см. рис. 1–3).

В кинематическом плане здесь преобладают сбросо-сдвиги и взбросо-сдвиги. В частности, в районе месторождения “Балка Крутая” южное крыло Сорокинской грабен-синклинали по линии субширотного разлома смещается по латерали на 650 м [3]. При этом установлено, что северный геоблок (с месторождением “Балка Крутая”) двигался в восточном направлении, а южный геоблок (вмещающий Сурожское золоторудное месторождение) — в западном. Этот субширотный разлом, несомненно, имеет также и вертикальную амплитуду смещения, одна-

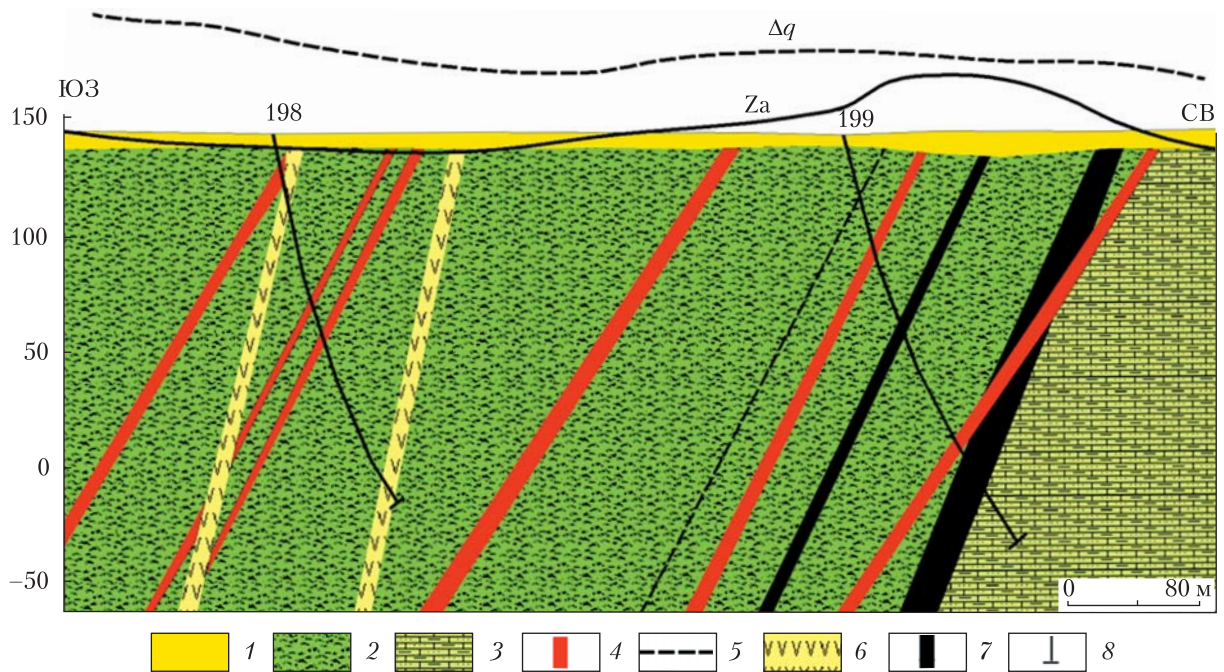


Рис. 2. Фрагмент геолого-геофизического разреза в крест простирания Сорокинской троговой структуры. Составлен автором по материалам Артемовской ГРЭ (Н.Ф. Русаков и др., 1981). 1 – осадочные породы; 2 – гнейсы и мигматиты центральноприазовской серии; 3 – породы осипенковской свиты; 4 – рудоносные жилы пегматитов; 5 – разломы; 6 – дайки долеритов; 7 – дайки метабазитов; 8 – буровые скважины и их номера

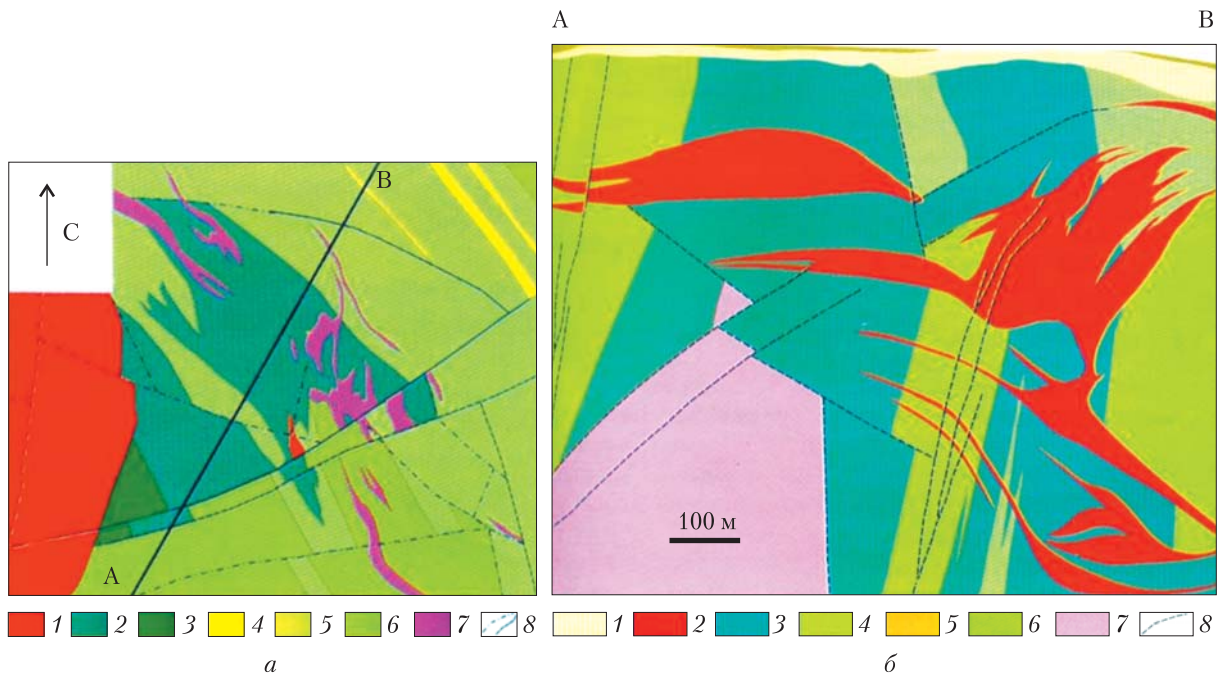


Рис. 3. Крупномасштабная схема геологического строения (а) и геологический разрез по линии А – В (б) месторождения “Балка Крутая” [4]. 1 – тоналиты и плагиограниты шевченковского комплекса; 2 – ультрабазиты; 3 – метабазиты; 4 – кварциты; 5 – нижняя часть разреза крутобалковской свиты; 6 – верхняя часть разреза крутобалковской свиты; 7 – редкометалльные (с бериллиевой минерализацией) пегматиты; 8 – контакты и структурные линии

ко она не определена. Для установления сбросо- и взбросо-сдвигов и их амплитуд смещения хорошими маркирующими телами, на наш взгляд, являются широко развитые здесь дайкоподобные тела мета- и ультрабазитов, пачки железистых кварцитов и многочисленные дайки диабазов, диабазовых порфиритов, лампрофиров, долеритов и кварцевых порфиритов [5].

Редкометалльные пегматитовые жилы довольно сложной морфологии в пределах месторождения “Балка Крутая” пространственно и структурно тяготеют к узлу пересечения разломов северо-западного направления с субширотными и северо-восточными. Как видно на рис. 3, простирание большинства жил пегматитов здесь северо-западное. Аналогичное северо-западное направление имеют также и вмещающие их тела метаультрабазитов и железистых кварцитов. Системами разрывных нарушений северо-восточной ориентировки тела редкометалльных пегматитов, как правило, “блокируются” или смещаются. Такая структурно-геологическая позиция свидетельствует о том, что в момент формирования рудоносных пегматитовых тел системы разломов-трещин северо-западного направления находились в режиме тектонического растяжения (раздвига), а северо-восточного — сдвига (взбросо- или сбросо-сдвига). Глубинные разломы и трещины северо-западной ориентировки являлись также подводящими каналами для проникновения пегматитовых расплавов и рудоносных флюидов из глубинных частей литосферы в метабазиты, кварциты, сланцы и другие породы приповерхностных частей Сорокинской грабен-синклинали. В результате в структурном узле “Крутая Балка” было сформировано расслоенное тело пегматитов, напоминающее, в генерализованном виде, обычный гриб или цветок калла.

В пределах пегматитового поля четко прослеживаются три системы разломных тектонических трещин [2–5]. Первая, более древняя система, имеет простирание СЗ 280–300° и северо-восточное падение под углами 70–85°. Эти разломы-трещины сопровождаются широкими полосами дробления, милонитизации и катаклаза. К ним приурочены крупные тела метабазитов и метаультрабазитов. Вторая система разломов-трещин северо-западного направления, повсеместно несет следы многократной тектонической активизации. Простирание трещин данной системы — СЗ 320–340°, а падение на юго-запад под углами 85–90° [3]. Эта система трещин развита внутри горстообразных поднятий, иногда сечет грабеновую структуру и образует крупные горизонтальные сбросо-сдвиговые перемещения. Разломы второй системы ограничивают приподнятые геоблоки фундамента, в которые рудоносные тела выведены на дневную поверхность. Большинство из этих разломов-трещин являются пострудными. Они смещают отдельные участки рудоносных пегматитовых жил, образуя при этом в пегматитах зоны дробления, милонитизации и катаклаза, выполненные более поздними кварцевыми прожилками. К юго-западным разломам, обрамляющим грабен, примыкает третья система разрывных нарушений субширотного направления, переходящая в пологие трещины северо-восточного простирания. Эта система трещин контролирует распространение и резко обрывает тела пегматитов в южной части месторождения. Системы трещин северо-восточного (СВ 65°) простирания широко проявлены на месторождении. Они долгоживущие, ограничивают древние архейские геоблоки и вместе с разломами северо-западного направления контролируют развитие редкометалльных пегматитов. Следовательно, рудоносные тела пегматитов на месторождении “Балка Крутая” четко контролируются узлом пересечения разломов-трещин трех направлений: северо-западной, северо-восточной и субширотной.

Вмещающими для редкометальных пегматитов породами являются архейские гранодиориты, тела метабазитов и метаультрабазитов (линейно вытянутые в северо-западном направлении) и метаморфические породы сланцевой толщи осипенковской свиты. Мощность тел амфиболитов и метаультрабазитов колеблется от 3–15 м до 300 м, их протяженность от 0,5 до 5–11 км [1, 3]. Полоса ультрабазитов на месторождении "Балка Крутая" является северо-западным продолжением подобного пластового тела, которое принимает участие в строении геологического разреза Сурожского золоторудного месторождения [4]. Среди амфиболитов встречаются тела магнетитовых кварцитов, известковых скарнов, гранат-биотитовых, двуслюдяных и других сланцев. Породы сланцевой толщи на месторождении представлены главным образом метапелитами, среди которых выделяются различные по минералогическому составу сланцы — гранат-биотитовые, мусковитовые, биотитовые, двуслюдяные, турмалин-гранат-биотитовые, ставролитовые и другие. Менее развиты здесь амфибол-магнетитовые и безрудные кварциты, кальцифиры и диопсид-плагноклазовые сланцы. На флангах месторождения развиты метагравелиты и метаконгломераты, биотитовые, амфиболовые и полевошпатовые кварциты.

Месторождение слагают жилы (мощностью от 0,5 до 70 м) кварц-микроклин-альбитового состава с мусковитом, турмалином, биотитом, гранатом, магнетитом, апатитом, бериллом, сподуменом, танталитом и колумбитом. В плане и разрезе пегматитовые жилы образуют своеобразный "слоеный пирог", в границах которого насчитывается не менее 10 крупных редкометальных тел. На месторождении развиты преимущественно пологозалегающие пегматитовые тела плитообразной или грибообразной формы, где соотношение длины к ширине составляет 6 : 1 и более [2–5].

В нижних частях разреза пегматиты поля "Центральное" сложены преимущественно маломощными жилами с микроклином, а в верхних — мощными жилами кварц-альбитового и альбит-сподуменового состава. Аналогичная зональность наблюдается по простиранию всего пегматитового поля "Центральное". С северо-запада на юго-восток здесь прослеживается смена существенно микроклиновых жил и прожилков — кварц-альбитовыми и кварц-альбит-сподуменовыми. Кварц-альбит-сподуменный тип доминирует на месторождении. Общее направление падения жил в пределах поля юго-восточное (ЮВ 140°) при углах 5–25°. У наиболее крупных жил пегматитов отмечается восточное направление "скатавания" под углом 20–35° [2–5]. Морфология тел на месторождении довольно сложная. Как показало детальное изучение наиболее крупных жил, их морфология полностью зависит от физико-механических свойств вмещающих пород и от условий трещинообразования в породах, слагающих борта и внутренние части грабен-синклинали.

Породообразующими минералами пегматитов месторождения "Балка Крутая" являются силикаты, которые составляют 97 % массы пегматитовых тел. Рудная минерализация продуктивных зон редкометального месторождения отличается большим разнообразием [2–4]. Основные рудные минералы: берилл, хризоберилл и изумруд (руда на Be), колумбит-танталит, тапиолит, микролит и эшинит (руда на Nb и Ta), сподумен, трифилин-литофилит, амблигонит-монтебразит, холмквистит, куккеит и петалит (руда на Li).

Формирование редкометальных пегматитов тесно связано с процессами кристаллизации специализированных пегматитовых расплавов-растворов, обусловивших состав пегматитов, их морфологию и размещение жил в ультрабазитах, сланцах и гранодиоритах. Эти

пегматиты следует относить к типичным образованиям грабенов и зон глубинных разломов — проводников интрузий ультрабазитов, базитов и гранитов. Часть редкометальной минерализации на месторождении, несомненно, имеет метасоматическое происхождение. Формирование редкометальных пегматитов совпадает с карельским тектоно-магматическим циклом и датируется рубежом — 2,3–2,0 млрд лет [3, 6].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что редкометальное месторождение Балка Крутая приурочено к Крутобалковскому и Сурожскому структурно-рудным узлам и уникальной, древнейшей Сорокинской грабен-синклинальной структуре. Поле редкометальных пегматитов сформировано на глубинах около 5 км в результате изменения ротационного режима нашей планеты в карельский цикл тектогенеза примерно 2,3–2,0 млрд лет назад. Большую роль при рудогенезе здесь играли глубинные, вероятно, мантийные флюиды.

Формирование продуктивной редкометальной минерализации происходило в несколько стадий. Выявленная в пегматитах бериллиевая минерализация дает возможность отнести их к комплексному редкометальному типу (Be—Cs—Li—Ta). На месторождении зафиксировано увеличение редких металлов с глубиной, а выклинивание тел не установлено. Согласно [2], при проведении геологоразведочных работ на месторождении была выявлена лишь часть пегматитового узла, поэтому необходимо провести поиски альбит-микроклиновых и альбит-сподуменовых пегматитов по латерали и на глубину. Этот прогноз позволит значительно увеличить потенциальные запасы уникального редкометального месторождения Балка Крутая.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Глевасский Е.Б. Зеленокаменные пояса и перспективы поисков золотого оруденения в Приазовье. *Минерал. журн.* 1996. № 4. С. 72–88.
2. Исаков Л.В. Про одну з особливостей рідкіснометалевих пегматитів вузла “Крута Балка”. *Мінеральні ресурси України.* 2005. № 2. С. 21–22.
3. Розанов К.И., Лавриненко Л.Ф. Редкометальные пегматиты Украины. Москва: Наука, 1979. 139 с.
4. Чернокур І.Г., Яськевич Т.В. Деякі нові дані щодо геологічної будови району рідкіснометалевого родовища Балка Крута. *Мінеральні ресурси України.* 2010. № 2. С. 18–24.
5. Шаталов Н.Н. Дайки Приазовья. Киев: Наук. думка, 1986. 192 с.
6. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология раннего докембрия УЩ, Протерозой. Киев: Наук. думка, 2008. 240 с.

Поступило в редакцию 10.03.2016

REFERENCES

1. Glevassky, E. V. (1996). Greenstone belt and prospects searching for gold mineralization in the Sea of Azov. *Mineral. zhurn.*, 18, No. 4, pp. 72-88 (in Russian).
2. Isakov, L. V. (2005). On one of the characteristics of rare pegmatites of the node Kruta Balka. *Mineralni resursy Ukr.*, No. 2, pp. 21-22 (in Ukrainian).
3. Rosanov, K.I. & Lavrinenko, L.F. (1979). Rare metal pegmatites. Moscow: Nauka (in Russian).
4. Chornokur, I. G. & Yaskevych, T. B. (2010). Some new data on the geological structure of the area of rare metal deposits Balka Kruta. *Mineralni resursy Ukr.*, No. 2, pp. 18-24 (in Ukrainian).
5. Shatalov, N.N. (1986). The Near-Azovian dykes, Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
6. Cherbak, N.P., Artemenko, H.V., Lesnaia, I. M., Ponomarenko, A. N. & Shumliansky, L. V. (2008). The Early Pre-Cambrian Geochronology of the Ukrainian Shield. The Proterozoic. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).

Received 10.03.2016

М.М. Шаталов

Інститут геологічних наук НАН України, Київ
E-mail: geoj@bigmir.net

ТЕКТОНІКА РУДНОГО ВУЗЛА “БАЛКА КРУТА” В ПРИАЗОВ’Ї

Наведено результати досліджень великого рудоносного вузла “Балка Крута”, розташованого в межах Сорокинської грабен-синкліналі Приазовського мегаблока Українського щита. Визначено закономірності розломно-блокової тектоніки та її роль у формуванні рудного вузла. Охарактеризовано Сорокинську грабен-синкліналь та інші розломні зони ортогональної та діагональної систем і їх значення в локалізації унікального рідкіснометалевого родовища “Балка Крута”. Досліджено особливості пегматитів і прояву магматизму, метасоматозу, мінерало- і рудогенезу.

Ключові слова: *тектоніка, розломи, геоблоки, грабен-синкліналь, дайки, рідкіснометалеве родовище.*

N.N. Shatalov

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kiev
E-mail: geoj@bigmir.net

TECTONICS OF THE KRUTA BALKA ORE KNOT OF THE NEAR-AZOVIAN AREA

The results of investigations for the large structural Kruta Balka Sorokinska graben-syncline and Near-Azovian megablock of the Ukrainian Shield are presented. The features of fault-block tectonics and its influence on forming the ore knot are defined. The Sorokinska graben-syncline and other fault zones of the orthogonal and diagonal systems and their significance in the localization of the unique Kruta Balka rare-metal deposit are characterized. The features of pegmatites and the manifestation of magmatism, metasomatism, and mineral- and ore-geneses are studied.

Keywords: *tectonics, fault, geoblock, graben-synclinale, dikes, rare-metals, ore deposit.*