

УДК 553.061.4

DOI: 10.46698/VNC.2023.87.15.009

Оригинальная статья

## Геодинамические обстановки формирования рудно-магматических систем Восточного Донбасса по петрохимическим данным

С.Г. Парада 

Южный научный центр Российской академии наук,  
Россия, 344005, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41,  
e-mail: segripa@rambler.ru

Статья поступила: 05.06.2023, доработана: 23.08.2023, принята к публикации: 04.09.2023

**Резюме:** Статья посвящена решению одной из научных проблем металлогении Восточного Донбасса, определяющей связь рудных проявлений и магматизма с геодинамическими условиями развития региона в мезозое. **Цель исследования.** Оценка геодинамических условий формирования на основе петрохимических данных выявленных ранее в Восточном Донбассе рудно-магматических систем (РМС). **Актуальность исследования.** Выявление геодинамических обстановок древних конвергентных и трансформных окраин является важной проблемой современной геологии, поскольку с такими обстановками связаны специфические магматические комплексы и месторождения полезных ископаемых. **Методы исследования.** Использованы петрохимические критерии выявления трансформных окраин, разработанные дальневосточными учеными, в частности тройные диаграммы, способные разделять магматические породы надсубдукционных обстановок, и магматические породы, образовавшиеся в обстановке трансформных окраин в зоне скольжения литосферных плит. Применена разработанная этими авторами тройная диаграмма для петрогенных оксидов  $(\text{TiO}_2 \times 10) - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) - \text{MgO}$ , основанная на процентном соотношении титана, железа и магния относительно суммы оксидов этих элементов, приведенных к 100 %. В качестве исходных материалов использованы химические анализы интрузивных пород Восточного Донбасса, заимствованные из производственных отчетов. Геодинамические обстановки формирования РМС центрального типа оценены на примере Кондаковской РМС, ареального типа – на примере Тузловской РМС. **Результаты исследования.** Установлено, что при формировании Кондаковской РМС центрального типа определяющей являлась надсубдукционная геодинамическая обстановка, которая со временем сменилась на обстановку скольжения плит с проявлением соответствующего магматизма и гибридизации заключительных порций магмы несветаевского комплекса за счет лампрофировой магмы. При формировании Тузловской РМС ареального типа основным источником магматизма, образующего интрузивные тела миусско-керчикского комплекса, могли являться подслэбовая астеносфера или деплетированная мантия. Интрузивный магматизм миусско-керчикского комплекса проявился при переходе надсубдукционного геодинамического режима в режим скольжения литосферных плит в результате коллизии континентальных окраин или смены направления движения, после прекращения субдукции.

**Ключевые слова:** рудно-магматическая система, геодинамическая обстановка, надсубдукционный магматизм, скольжение литосферных плит, Восточный Донбасс.

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ЮНЦ РАН, № гос. регистрации 122020100345-8.

**Для цитирования:** Парада С.Г. Геодинамические обстановки формирования рудно-магматических систем Восточного Донбасса по петрохимическим данным. *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(3): 122-132. DOI: 10.46698/VNC.2023.87.15.009.

DOI: 10.46698/VNC.2023.87.15.009

Original paper

## Geodynamic conditions of formation of ore-magmatic systems of Eastern Donbass according to petrochemical data

S.G. Parada 

Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 41 Chekhov Ave.,  
Rostov-on-Don 344006, Russian Federation, e-mail: segripa@rambler.ru

Received: 05.06.2023, revised: 23.08.2023, accepted: 04.09.2023

**Resume.** The article is devoted to solving one of the scientific problems of metallogeny of the Eastern Donbass, which determines the relationship of ore manifestations and magmatism with the geodynamic conditions of the development of the region in the Mesozoic. **The purpose of the study.** Assessment of geodynamic conditions of formation based on petrochemical data of ore-magmatic systems (RMS) previously identified in the Eastern Donbass. **The relevance of research.** The identification of geodynamic environments of ancient convergent and transform margins is an important problem of modern geology, since specific magmatic complexes and mineral deposits are associated with such environments. Research methods. The petrochemical criteria for identifying transform margins developed by Far Eastern scientists were used, in particular, triple diagrams capable of separating igneous rocks of suprasubduction environments and igneous rocks formed in the environment of transform margins in the zone of sliding lithospheric plates. The triple diagram developed by these authors for petrogenic oxides  $(\text{TiO}_2 \times 10) - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) - \text{MgO}$  is used, based on the percentage ratio of titanium, iron and magnesium relative to the sum of oxides of these elements reduced to 100%. Chemical analyses of intrusive rocks of the Eastern Donbass, borrowed from production reports, were used as starting materials. Geodynamic conditions of the formation of the RMS of the central type are estimated on the example of the Kondakov RMS, the areal type – on the example of the Tuzlovskaya RMS. **The results of the study.** It was found that during the formation of the Kondakov RMS of the central type, the suprasubduction geodynamic situation was decisive, which eventually changed to a plate sliding situation with the manifestation of the corresponding magmatism and hybridization of the final portions of the magma of the Nesvetaevsky complex due to lamprophyric magma. During the formation of the Tuzlovskaya RMS of the areal type, the main sources of magmatism forming the intrusive bodies of the Miusko-Kerchik complex could be the sublab asthenosphere or depleted mantle. The intrusive magmatism of the Miusko-Kerchik complex manifested itself during the transition of the suprasubduction geodynamic regime to the sliding regime of lithospheric plates as a result of a collision of continental margins or a change in the direction of movement, after the cessation of subduction.

**Keywords:** ore-magmatic system, geodynamic situation, suprasubduction magmatism, sliding of lithospheric plates, Eastern Donbass.

**Acknowledgements:** The work was carried out within the framework of the implementation of the state task of the UNC RAS, state registration no. 122020100345-8.

**For citation:** Parada S.G. Geodynamic conditions of formation of ore-magmatic systems of Eastern Donbass according to petrochemical data. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2023. 13(3): 122-132. DOI: 10.46698/VNC.2023.87.15.009.

### Введение

Донбасс представляет собой восточную, относительно обособленную и самостоятельную часть протяженной Днепровско-Донецкой рифтогенной структуры, от-

деляющей Украинский щит от основной части Восточно-Европейской платформы. Западная его часть постепенно переходит в Днепровско-Донецкую впадину, строение которой вместе с Западным Донбассом достаточно хорошо изучено по результатам сейсмического профилирования и других геофизических методов [Maystrenko et al., 2003; Saintot et al., 2003 и др.]. Это позволило некоторым исследователям установить признаки горизонтальных перемещений и шарьжной тектоники [Артеменко и др., 2000; Юдин, 2005; Хаин и др., 2010]. Восточная часть Донбасса изучена слабее. Ее геологическое строение заметно отличается от западной части относительно широким проявлением интрузивного магматизма. Интрузивные тела концентрируются в узлы, цепочкой вытягивающиеся в субширотный пояс. При этом отмечается их приуроченность к южному ограничению Донецкой складчатой системы при быстром затухании магматизма субмеридиональных зон к северу. Большинство исследователей Донбасса считают, что ранне-среднеюрский несветаевский андезит-трахиандезитовый комплекс образует вулcano-плутонический пояс [Невалённый, 2005]. Предполагается, что наличие протяженного мезозойского вулcano-плутонического пояса связано с интенсивной фазой активизации, завершающей формирование складчатых структур Донбасса, оживления древних тектонических нарушений и заложения молодых, к которым относится Персияновский, Сулино-Константиновский и мелкие разломы, а к вулcano-плутонической активизации привело давление предкавказских плит с юга [Granovsky, 2018].

Таким образом, по приведенным оценкам несветаевский андезит-трахиандезитовый интрузивный комплекс считается отвечающим этапу тектонической активизации областей завершённой складчатости, и что именно с фазой активизации и магматизмом несветаевского комплекса в Донбассе связаны месторождения и рудопроявления цветных металлов и золота.

Более поздний миусско-керчикский интрузивный комплекс, представленный преимущественно дайками лампрофиров, имеет такие же особенности пространственного распределения, как и несветаевский, вытягиваясь в виде цепочек сгущения даек в субширотный пояс, вдоль южной окраины Донбасса. Считается, что формирование миусско-керчикского комплекса связано с несколько более поздней фазой мезозойской тектоно-магматической активизации Донбасса [Лихачев, 1983]. Предполагается [Бутурлинов, 1984], что дайки этого комплекса являются пострудными по отношению к золотому оруденению.

Проведенные нами в Восточном Донбассе исследования позволили по геолого-геофизическим данным обосновать выделение рудно-магматических систем (РМС) [Парада, Гамбург, 2023]. Они подразделены нами на системы центрального и системы ареального типов. РМС центрального типа образованы скоплениями малых интрузий несветаевского андезит-дацитового интрузивного комплекса и связанных с ними рудопроявлений, расположенными внутри изометричных высокоградиентных положительных аномалий магнитного поля. Такие аномалии обусловлены наличием центров внутрикорового магматизма основного состава, расположенными выше изотермы Кюри. РМС ареального типа представлены скоплениями даек миусско-керчикского лампрофирового комплекса. С ними также ассоциируют рудопроявления. Однако ареалы этих даек не находят отображения в магнитном поле, что позволило оценить положение источника лампрофирового магматизма миусско-керчикского комплекса ниже изотермы Кюри, предположительно в мантии.

## Материалы и методы

Целью настоящей статьи является выявление геодинамических условий формирования выявленных РМС на основе петрохимических данных, использование которых показало свою эффективность при геодинамических реконструкциях и металлогенических построениях [Ханчук, Иванов, 1999; Парада и др., 2011; Гребенников и др., 2013; Газеев и др., 2020, 2023]. Реконструкция геодинамических обстановок древних конвергентных и трансформных окраин является важной проблемой современной геологии, поскольку с такими обстановками связаны специфические магматические комплексы и месторождения полезных ископаемых [Ханчук, Иванов, 1999; Геодинамика..., 2006; Диденко, Ханчук, 2019]. Обосновано, что конвергентные окраины возникают в результате субдукции литосферных плит. Трансформные окраины являются границами литосферных плит, вдоль которых происходит их относительное скольжение в горизонтальной плоскости. Они сменяют собой во времени конвергентные окраины, связанные с субдукцией вследствие смены направления движения литосферных плит и других причин. Магматизм трансформных окраин обусловлен формированием разрывов в слэбе и апвеллингом подслэбовой астеносферы с сопутствующим адиабатическим декомпрессионным плавлением [Гребенников, Ханчук, 2021].

В связи с этим, петрохимические особенности современного и позднекайнозойского магматизма конвергентных окраин давно используются при геологических реконструкциях для выявления подобных обстановок в более древние геологические эпохи.

Геохимические критерии выявления трансформных окраин разработаны на основе огромного массива химических анализов магматических пород типоморфных конвергентных и трансформных геодинамических обстановок [Гребенников и др., 2013; Гребенников, Ханчук, 2021]. Эти исследователи разработали тройные геохимические диаграммы, способные разделять магматические породы надсубдукционных обстановок, и магматические породы, образовавшиеся в обстановке трансформных окраин в зоне скольжения литосферных плит.

В связи с отсутствием современных прецессионных данных по содержаниям редких и рассеянных элементов в магматических породах Донбасса, нами использована разработанная этими авторами тройная диаграмма для петрогенных оксидов  $(\text{TiO}_2 \times 10) - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) - \text{MgO}$ , основанная на процентном соотношении титана, железа и магния относительно суммы оксидов этих элементов, приведенных к 100 %.

В качестве исходных материалов использованы химические анализы интрузивных пород Восточного Донбасса, заимствованные из производственных отчетов. Геодинамические обстановки формирования РМС оценены на примере Кондаковской РМС центрального типа и Тузловской РМС ареального типа.

## Результаты и обсуждение

Как уже отмечалось, проявления магматизма в Донбассе отличается малыми размерами интрузивных тел и ограниченностью масштабов проявления. При этом, породы несветаевского и миусско-керчикского комплексов по вещественному составу и условиям локализации заметно различаются по петрохимическим характеристикам.

Соотношения оксидов титана, железа и магния в магматических породах Кондаковской и Тузловской РМС, приведенных к 100% показаны в таблицах 1 и 2 и нанесены на дискриминантные диаграммы (рис. 1 и 2).

*Таблица 1/ Table 1*

**Средние содержания оксидов титана, железа и магния в магматических породах  
Кондаковской РМС, приведенные к 100 % /  
Average contents of titanium, iron and magnesium oxides in igneous rocks of the  
Kondakovskaya RMS, reduced to 100 %**

№ п/п / No	Количество анализов/ Number of tests	TiO <sub>2</sub> x10, %	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO), %	MgO, %
<i>1</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	3	37,6	45,2	17,2
2	1	54,7	33,7	11,6
3	5	52,5	32,0	15,5
4	9	42,9	41,7	15,4
5	3	34,1	43,3	22,6
6	2	27,0	51,9	21,1
7	5	51,6	32,4	16,0
8	15	35,3	42,7	22,0
9	11	51,0	34,8	14,2
10	8	43,2	37,6	19,2
11	5	45,1	40,9	14,0
12	3	39,8	44,8	15,4
13	7	40,2	47,8	13,0
14	4	39,3	44,7	16,0
15	2	39,5	46,8	13,7
16	65	41,6	41,4	17
17	2	33,2	45,2	21,6
18	4	37,5	33,9	28,6
19	4	22,2	42,5	35,3
20	1	36,0	40,3	23,7
21	3	40,6	41,3	18,1
22	14	33,7	40,7	25,6
23	1	36,8	31,5	31,7
24	1	34,5	30,4	35,1
25	2	30,3	35,3	34,4
26	2	33,4	36,0	30,6
27	1	33,6	36,0	30,4
28	1	35,8	43,2	21,0
29	8	34,3	35,3	30,4
30	1	33,7	39,3	27,0
31	3	30,2	44,3	25,5
32	2	34,7	45,1	20,2
33	2	40,3	34,8	24,9
34	10	45,9	31,7	22,4
35	1	25,2	40,3	34,5
36	18	36,2	38,7	25,1
37	4	30,5	38,3	31,2
38	2	40,2	34,0	25,8
39	3	35,2	33,5	31,3

1	2	3	4	5
40	9	35,5	35,2	29,3
41	3	34,35	33,11	32,54
42	2	42,05	30,10	27,85
43	1	31,91	37,14	30,95
44	8	28,93	35,19	35,88
45	14	21,97	35,1	33,5
46	1	35,3	33,1	31,6
47	1	36,8	38,2	25
48	1	53,3	36,7	10
49	1	42,9	35,7	21,4

1-4 – дациты, 5-16 – андезито-дациты, 17-22 – андезиты, 23-29 – андезито-базальты, 30-36 – трахидациты, 37-40 – трахиандезитобазальты, 41-45 – спесартиты, 46-49 – камптониты /  
 1-4 – dacites, 5-16 – andesite-dacites, 17-22 – andesites, 23-29 – andesite-basalts, 30-36 – trachydacites,  
 37-40 – trachyandesite basalts, 41-45 – spesartites, 46-49 – camptonites; 4, 16, 22, 29, 36, 45 –  
 среднеарифметические значения/4, 16, 22, 29, 36, 45 – arithmetic mean values

В соответствии с рис. 1 большинство составов магматических пород (26 точек) располагается в диагностической области зон надсубдукционного магматизма. Меньшая часть точек (14 точек) – располагается в диагностической области зон скольжения литосферных плит. Единственный анализ дайки камптонита миусско-керчикского комплекса уверенно располагается в поле скольжения плит.

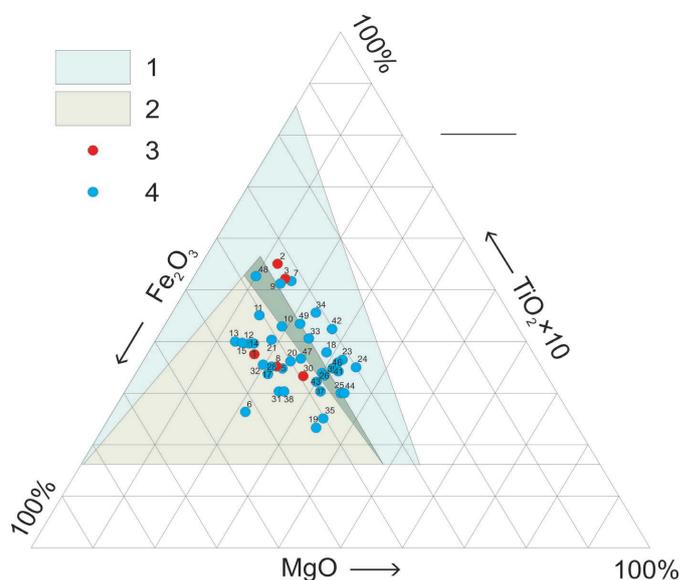


Рис. 1. Дискриминантная диаграмма для определения геодинамических обстановок по [Гребенников, Ханчук, 2021] для магматических пород Кондаковской РМС.

1 – 2 – области составов магматических пород: 1 – зон скольжения литосферных плит; 2 – зон надсубдукционного магматизма; 3 – 4 – точки составов магматических пород Кондаковской РМС: 3 – умеренно кислых, 4 – основных и средних пород /

Fig. 1. Discriminant diagram for determining geodynamic conditions according to [Grebennikov, Khanchuk, 2021] for igneous rocks of the Kondakov RMS.

1 – 2 – areas of compositions of igneous rocks: 1 – zones of sliding lithospheric plates; 2 – zones of suprasubduction magmatism; 3 – 4 – points of compositions of igneous rocks of the Kondakovskaya RMS: 3 – moderately acidic, 4 – basic and medium rocks

Также уверенно располагается в этом поле точка среднего из 8 анализов даек спессартитов этого комплекса. Две точки расположились в области неопределенности.

Согласно рис. 1 среди магматических пород несветаевского комплекса не отмечается однозначной принадлежности к той или иной диагностической области пород определенной кислотности или определенного химического состава. Среди преобладающих средних по составу и менее распространенных кислых магматических пород, имеются разности, соответствующие как обстановкам надсубдукционного магматизма, так и обстановкам скольжения плит. Причем количество первых почти в два раза превышает количество последних.

Таблица 2/ Table 2

**Соотношения оксидов титана, железа и магния, приведенных к 100 %, в магматических породах Тузловской РМС /**  
**Ratios of titanium, iron and magnesium oxides reduced to 100% in igneous rocks of the Tuzlovskaya RMS**

№№ п/п	Название магматической породы/ Name of the igneous rock	Количество анализов/ Number of tests	TiO <sub>2</sub> x10, %	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO), %	MgO, %
1	Трахибазальт/ Trachybasalt	4	52	28	20
2	Андезито-базальт/ Andesite-basalt	1	65	28	7
3	Трахиандезит/ Trachyandesitis	1	38	35	27
4	Дациит/ Dacite	7	78	18	4
5	Мончикит/ Monchikit	8	51	28	21
6	Камптонит/ Camptonite	10	52	27	21
7	Спессартит/ Spessartite	3	59	28	13
8	Керсантит/ Kersantite	2	50	32	18

В соответствии с рис. 2 все точки составов магматических пород и несветаевского и миусско-керчикского комплексов располагается в диагностической области зон скольжения литосферных плит. При этом точки составов пород несветаевского комплекса образуют сильно растянутый тренд вдоль оси TiO<sub>2</sub>. Точки составов пород миусско-керчикского комплекса образуют довольно компактное поле.

Петрохимические данные свидетельствуют, что Тузловская РМС сформировалась в условиях геодинамической обстановки скольжения литосферных плит.

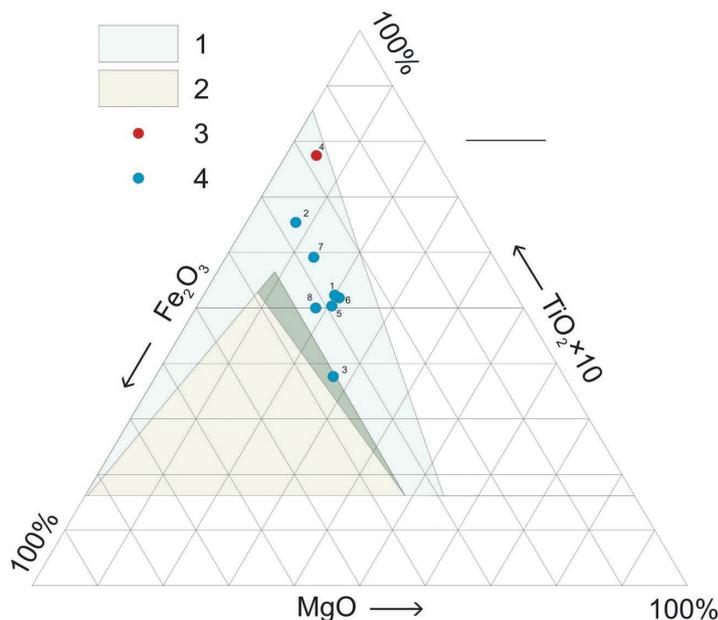


Рис. 2. Дискриминантная диаграмма для определения геодинамических обстановок по [Гребенников, Ханчук, 2021] для магматических пород Тузловской РМС1 – 2 – области составов магматических пород: 1 – зон скольжения литосферных плит; 2 – зон надсубдукционного магматизма; 3 – 4 – точки составов магматических пород Тузловской РМС: 3 – умеренно кислых, 4 – основных и средних пород. Точки 1 – 4 – породы несветаевского комплекса; 5 – 8 – породы миусско-керчикского комплекса /

Fig. 2 Discriminant diagram for determining geodynamic conditions according to [Grebennikov, Khanchuk, 2021] for igneous rocks of the Tuzlovskaya RMS

1 – 2 – areas of compositions of igneous rocks: 1 – zones of sliding of lithospheric plates; 2 – zones of suprasubduction magmatism; 3 – 4 – points of compositions of igneous rocks of Tuzlovskaya RMS: 3 – moderately acidic, 4 – basic and medium rocks. Points 1 – 4 – rocks of the Nesvetaevsky complex; 5 – 8 – rocks of the Miusko-Kerchik complex

## Заключение

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при формировании Кондаковской РМС центрального типа определяющей являлась надсубдукционная геодинамическая обстановка, которая со временем сменилась на обстановку скольжения плит с проявлением соответствующего магматизма и гибридизации заключительных порций магмы несветаевского комплекса за счет лампрофировой магмы.

При формировании Тузловской РМС ареального типа основным источником магматизма, образующего интрузивные тела миусско-керчикского комплекса, согласно теоретическим положениям [Castillo, 2008; Kant et al., 2018] могли являться подслэбовая астеносфера или деплетированная мантия.

Принимая субдукционную модель мезозойской истории формирования Донбасса, следует заключить, что интрузивный магматизм миусско-керчикского комплекса проявился при переходе надсубдукционного геодинамического режима в режим скольжения литосферных плит. Это соответствует представлениям [Гребенников, Ханчук, 2021] о том, что постсубдукционный магматизм связан с формированием разрыва в слэбе, образовавшимся в результате коллизии континентальных окраин или смены направления движения, после прекращения субдукции.

## Литература

1. Артеменко В.М., Юдин В.В. Особенности геодинамики и металлогении Донецкой складчатой области // Литосфера. – 2000. – № 13. – С. 80–86.
2. Бутурлинов Н.В. Эволюция магматизма, минеральных ассоциаций и эндогенного рудообразования в Донецком бассейне // Минералогия рудных месторождений Украины. – К.: Наукова думка. – 1984. – С. 36–44.
3. Газеев В.М., Гурбанов А.Г. Раннепалеозойские габброиды архызского интрузивного комплекса (Северный Кавказ): геодинамическая типизация и минерогения. // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – Т. 10. №3. – С. 6–22. DOI: 10.46698/VNC.2020.83.87.001.
4. Газеев В.М., Гурбанов А.Г. Ранне-среднедевонские вулканогенные породы из районов колчеданных месторождений передового хребта Большого Кавказа: геодинамическая типизация и минерогения. // Геология и геофизика юга России. – 2023. – Т. 13, №1. – С. 6–21. DOI: 10.46698/VNC.2023.29.60.001
5. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Под ред. Ханчук А.И. В 2-х кн. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – 572 с.
6. Гребенников А.В., Попов В.К., Ханчук А.И. Опыт петрохимической типизации кислых вулканических пород различных геодинамических обстановок. // Тихоокеан. геология. – 2013. – Т. 32. № 3. – С. 68–73.
7. Гребенников А.В., Ханчук А.И. Геодинамика и магматизм трансформных окраин тихоокеанского типа: основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы. // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40. № 1. – С. 3–24. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24
8. Диденко А.Н., Ханчук А.И. Смена геодинамических обстановок в зоне перехода Тихий океан – Евразия в конце раннего мела. // Докл. АН. – 2019. – Т. 487/ № 4. – С. 56–59.
9. Лихачев В.А. Петрологические особенности магматических пород Восточного Донбасса в связи с вопросами его рудоносности. // Сб. «Геология и полезные ископаемые нижнего Дона». – 1983. – С. 13–17.
10. Невалённый Ю.В. Ресурсы металлических полезных ископаемых. В кн.: Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. – Ростов н/Д.: изд-во ЮНЦ РАН. – 2005. – С. 71–84.
11. Парада С.Г., Гамбург К.Ю. Рудно-магматические системы Восточного Донбасса. // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 2. – С. 95–105. DOI:10.46698/VNC.2023.84.41.008
12. Парада С.Г., Холод Ю.В., Шишкалов И.Ю. Геохимия вторичных ореолов рассеяния малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ). // Вестник Южного научного центра РАН. – 2011. – Т. 7. № 3. – С. 55–60.
13. Хаин В.Е., Попков В.И., Юдин В.В. Палеогеодинамика южного обрамления Восточноевропейского кратона. // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2010. – № 2. – С. 3–9.
14. Ханчук А.И., Иванов, В.В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России. // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. № 11. – С. 1635–1645.
15. Юдин В.В. Шарьяж в Южном Донбассе. // Доклады Академии наук. – 2005. – Т. 402. № 4. – С. 511–514.
16. Castillo P.R. Origin of the adakite-high-Nb basalt association and its implications for postsubduction magmatism in Baja California, Mexico. // Geol. Soc. Am. Bull. – 2008. – Vol. 120. – P. 451-462.
17. Granovsky A.G. Magmatism and stages of the tectonic evolution in the Donets folded structure, Eastern Donets basin. // Geotectonics. – 2018. – Vol. 52. No.4. – pp. 485–498. DOI: 10.1134/S0016852118040039

18. Kant L.B., Tepper J.H., Eddy M.P., Bruce K., Nelson B.K. Eocene basalt of Summit Creek: Slab breakoff magmatism in the central Washington Cascades, USA. // *Lithosphere*. – 2018. – Vol. 10. No. 6. – pp. 792–805.

19. Maystrenko Yu., Stovba S., Stephenson R., Bayer U., Menyoli E., Gajewski D., Huebscher Ch., Rabbei W., Saintot A., Starostenko V., Thybo H., Tolkunov A. Crustal-scale pop-up structure in cratonic lithosphere: DOBRE deep seismic reflection study of the Donbass Fold Belt, Ukraine. // *Geology*. – 2003. – Vol. 31. – pp. 733–736.

20. Saintot A., Stephenson R., Stovba S., Maistrenko Yu. Structures associated with inversion in the Donbass fold belt (Ukraine and Russia). // *Tectonophysics*. – 2003. – Vol. 373. – pp. 181–207.

## References

1. Artemenko V.M., Yudin V.V. Peculiar features of geodynamics and metallogeny of the Donetsk folded area. *Lithosphere*. 2000. No. 13. pp. 80–86. (In Russ.)

2. Buturlinov N.V. Evolution of magmatism, mineral associations and endogenous ore formation in the Donetsk basin. Mineralogy of ore deposits of Ukraine. Kiev. Naukova Dumka. 1984. pp. 36–44. (In Russ.)

3. Gazeev V.M., Gurbanov A.G. Early Paleozoic gabbroids of the Arkhyz intrusive complex (North Caucasus): geodynamic typification and mineralogy. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2020. Vol. 10. No. 3. pp. 6–22. DOI: 10.46698/VNC.2020.83.87.001. (In Russ.)

4. Gazeev V.M., Gurbanov A.G. Early-Middle Devonian volcanic rocks from areas of massive sulfide deposits of the Front Range of the Greater Caucasus: geodynamic typification and mineralogy. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13, No. 1. pp. 6–21. DOI: 10.46698/VNC.2023.29.60.001 (In Russ.)

5. Khanchuk A.I. Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East. In 2 Books. Vladivostok, Dalnauka, 2006. Book 1. 572 p. (In Russ.)

6. Grebennikov A.V., Popov V.K., Khanchuk A.I. Experience of petrochemical typification of acid volcanic rocks from different geodynamic settings. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2013. Vol. 7. No. 3. pp. 212–216. DOI: 10.1134/S1819714013030044.

7. Grebennikov A.V., Khanchuk A.I. Geodynamics and magmatism of the Pacific-type transform margins. Aspects and discriminant diagrams. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2021. Vol. 40, No. 1. pp. 3–24. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24. (In Russ.)

8. Didenko A.N., Khanchuk A.I. Change in the geodynamic settings in the Pacific–Eurasia transition zone at the end of the early Cretaceous. *Doklady Earth Sciences*. 2019. Vol. 487. No. 2. pp. 873–876. DOI: 10.1134/S1028334X19080026.

9. Likhachev V.A. Petrological features of igneous rocks of Eastern Donbass in connection with issues of its ore potential. In: *Proc. Geology and minerals of the lower Don*. 1983. pp. 13–17. (In Russ.)

10. Nevalenny Yu.V. Metallic Mineral Resources. In: *Problems and prospects for the integrated development of mineral resources of Eastern Donbass*. Rostov-on-Don, SSC RAS. 2005. pp. 71–84. (In Russ.)

11. Parada S.G. Ore-magmatic systems of the copper-porphyry type of the Greater Caucasus. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13, No. 2. pp. 95–105. DOI: 10.46698/VNC.2021.73.74.011. (In Russ.)

12. Parada S.G., Kholod Yu.V., Shishkalov I.Yu. Geochemistry of secondary dispersion halos of the Malka-Musht ore deposit block (the Northern Caucasus). SSC RAS. 2011. Vol. 7, No. 3. pp. 55–60. (In Russ.)

13. Khain V.E., Popkov V.I., Yudin V.V. Paleogeodynamics of southern adjacent areas of Eastern-European platform. *Bulletin of Moscow University. Series 4, Geology*. 2010. No. 2. pp. 3–9. (In Russ.)

14. Khanchuk A.I., Ivanov, V.V. Meso-Cenozoic geodynamic settings and gold mineralization of Russian Far East. *Russian Geology and Geophysics*. 1999. Vol. 40, No. 11. pp. 1635–1645. (In Russ.)
15. Yudin V.V. A nappe in the southern Donets basin. *Doklady Earth Sciences*. 2005. Vol. 402. No. 4. C. 538–541.
16. Castillo P.R. Origin of the adakite-high-Nb basalt association and its implications for postsubduction magmatism in Baja California, Mexico. *Geol. Soc. Am. Bull.* 2008. Vol. 120. pp. 451–462.
17. Granovsky A.G. Magmatism and stages of the tectonic evolution in the Donets folded structure, Eastern Donets basin. *Geotectonics*. 2018. Vol. 52, No. 4. pp. 485–498. DOI: 10.1134/S0016852118040039.
18. Kant L.B., Tepper J.H., Eddy M.P., Bruce K., Nelson B.K. Eocene basalt of Summit Creek: Slab breakoff magmatism in the central Washington Cascades, USA. *Lithosphere*. 2018. Vol. 10, No. 6. pp. 792–805.
19. Maystrenko Yu., Stovba S., Stephenson R., Bayer U., Menyoli E., Gajewski D., Huebscher Ch., Rabbei W., Saintot A., Starostenko V., Thybo H., Tolkunov A. Crustal-scale pop-up structure in cratonic lithosphere: DOBRE deep seismic reflection study of the Donbass Fold Belt, Ukraine. *Geology*. 2003. Vol. 31. pp. 733–736.
20. Saintot A., Stephenson R., Stovba S., Maistrenko Yu. Structures associated with inversion in the Donbass fold belt (Ukraine and Russia). *Tectonophysics*. 2003. Vol. 373. pp. 181–207.