

УДК 550.93: 552. 321.3 (477)

**Н.П. Щербак, Г.В. Артеменко, И.А. Швайка,
В.В. Демедюк, Т.И. Довбуш, А.Б. Высоцкий**

Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеново НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34
E-mail: regul@igmof.gov.ua

ПАЛЕОАРХЕЙСКИЙ ВОЗРАСТ (3,56 МЛРД ЛЕТ) ТОНАЛИТОВЫХ ГНЕЙСОВ ПРИАЗОВСКОГО МЕГАБЛОКА И ПРОБЛЕМЫ АЛМАЗОНОСНОСТИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

В Западноприазовском блоке впервые установлен палеоархейский возраст (3560 ± 69 млн лет) тоналитовых гнейсов. Полученные данные позволяют сделать вывод о палеоархейском возрасте кристаллического фундамента Приазовского мегаблока, что расширяет перспективы выявления алмазоносных формаций в Западноприазовском террейне этого региона.

Вступление. Строение земной коры Приазовского мегаблока сложное и гетерогенное. Основная часть Приазовского мегаблока сформирована мезоархейскими плагиогранитоидами, образующими гнейсово-мигматитовые купола. К ним приурочены и зеленокаменные структуры, возраст которых составляет 3,2—3,0 млрд лет [1, 5, 11]. Архейские гранулитогнейсовые комплексы сохранились в виде останцов (массивов) площадью 3—17 км² [6] в межкупольных пространствах. Они слагают линейные и дугообразные сильно сжатые, линзующиеся или кулисообразно расположенные син- либо моноклиналильные полосы — Орехово-Павлоградскую, Каменномогильскую, Корсак-Стульневскую, Центральноприазовскую и др. Они прослеживаются также на всей площади Восточного Приазовья, для которого характерна насыщенность щелочными интрузиями. К Приазовскому мегаблоку принадлежит и территория Орехово-Павлоградской шовной зоны (ОПШЗ). В ее пределах надежно установлен палеоархейский возраст тоналитов и пироксенитов новопавловской тол-

щи — 3,5—3,67 млрд лет [11, 12], возраст гранулитогнейсовых образований за ее пределами оставался неизвестным. К наиболее древним в Приазовском мегаблоке относятся метаморфические породы западноприазовской серии, выделяемые в наиболее приподнятых блоках кристаллического фундамента [10, 13]. Генезис этих пород, возрастные соотношения и изотопный возраст изучены очень слабо. На сложную структурную эволюцию метаморфических пород западноприазовской серии указывал В.З. Заика-Новацкий [7]. В составе западноприазовской серии выделяют две заметно различающиеся по составу толщи — верхнетокмакскую (нижнюю), закартированную в ядрах антиклинальных складок, и кайинкулакскую (верхнюю) — слагающую ряд вытянутых, изогнутых в плане синклиналильных структур.

Породы верхнетокмакской толщи отличаются очень интенсивной дислоцированностью, микроскладчатостью, катаклизмом и высокой степенью гранитизации [10, 13]. Она представлена двупироксеновыми плагиогнейсами, иногда с гранатом, основными кристаллосланцами, реже — амфиболитами, которые без видимой закономерности чередуются в разрезе [3], значительная часть гнейсов имеют

© Н.П. ЩЕРБАК, Г.В. АРТЕМЕНКО,
И.А. ШВАЙКА, В.В. ДЕМЕДЮК,
Т.И. ДОВБУШ, А.Б. ВЫСОЦКИЙ, 2011

средний состав. Надежные геохронологические данные о ее возрасте отсутствовали.

Метаморфические породы кайинкулакской толщи резко отличаются по составу и дислоцированности от пород верхнетокмакской свиты. Они представлены гнейсами, среди которых преобладают биотит-амфиболовые и пироксеновые разности, при подчиненном развитии гранат-биотитовых гнейсов, железистых кварцитов и пироксеносодержащих кристаллических сланцев.

Первые U-Pb изотопные датирования циркона из гнейсов кайинкулакской толщи с помощью метода *SHRIMP* (р. Мокрая Конка и верховья р. Кильтичия) показали, что их возраст находится в пределах 3,0–3,1 млрд лет [1], что позволяет сопоставлять их с плагиогранитоидами ТТГ формации мезоархейского возраста. Полученные данные указывают на необходимость пересмотра состава западно-приазовской серии палеоархея.

Результаты геохронологических исследований и их обсуждение. Участок наших исследований расположен в верховьях р. Токмак в 4 км к востоку от Черниговской зоны разломов в пределах Белоцерковской структуры (рис. 1, 2) [4]. Нами изучены выходы на дневную поверхность кристаллических пород на протяжении 6 км, расположенные главным образом на правом берегу р. Токмак. В обнажениях вскрываются сильно деформированные комплексы пород, характеризующиеся полной линейризацией гнейсовидности. Среди них встречаются небольшие линзы тоналитовых гнейсов с текстурными признаками их магматического происхождения.

Изучен останец тоналитовых гнейсов размером 10 × 25 м среди пегматоидных микроклиновых гранитов (азимут падения ЮВ 172°, угол — 75°) (рис. 3). Во вмещающих гранитах вблизи контактов с останцом наблюдаются отторженцы сильно рассланцованных тоналитовых гнейсов мощностью до 0,5 м. В останце тоналитов наблюдаются секущие жильные тела пегматоидных микроклиновых гранитов мощностью до 0,35 м и согласно залегающие будинообразные тела гранодиоритов мощностью до 0,25 м.

Тоналитовые гнейсы (пр. 10/318) — мелкозернистая порода гнейсовидной текстуры. Минеральный состав, %: клинопироксен — до 5, амфибол — 7, биотит — 13, кварц — 15, плагиоклаз (антипертит) — 55, апатит — 1–2, руд-

ный минерал и циркон — ед. зерна. Наблюдаются антипертитовые вросстки в плагиоклазе. Пироксен замещается амфиболом и биотитом.

Химический состав тоналитовых гнейсов, %: пр. 10/318 — SiO₂ — 62,93; TiO₂ — 0,57; Al₂O₃ — 16,01; Fe₂O₃ — 1,16; FeO — 4,81; MnO — 0,08; MgO — 1,89; CaO — 5,70; Na₂O — 4,30; K₂O — 1,00; S_{общ} — <0,02; P₂O₅ — 0,11; CO₂ — нет; H₂O — 0,39; п. п. п. — 0,69; сумма — 99,66; пр. 10/314 — SiO₂ — 63,51; TiO₂ —

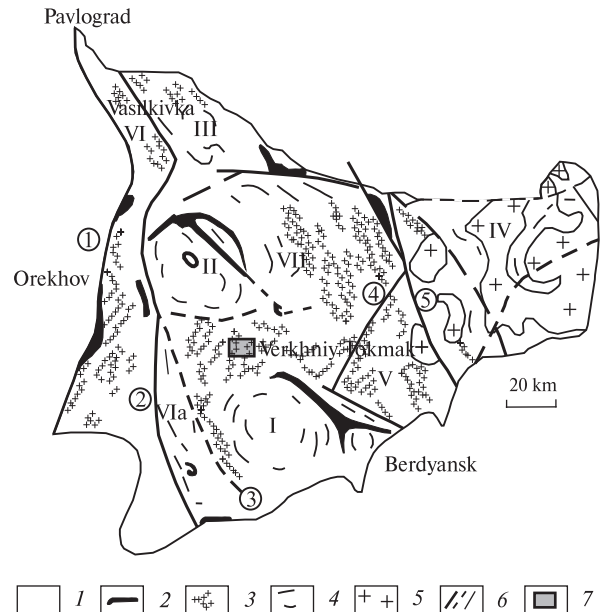


Рис. 1. Структурная схема Приазовского мегаблока [1]: 1 — гранитоиды с реликтами гнейсов амфибололитовой фации, 2 — зеленокаменные структуры, 3 — протяженные пояса гранулитов, 4 — элементы структуры гранит-зеленокаменных поясов, 5 — нерасчлененные протерозойские гранитоиды и щелочные породы, 6 — разломы, 7 — участок работ. **Гранитоидные купола:** I — Салтычанский, II — Гайчурский, III — Волчанский, IV — Кальмиусский, V — Мангушский синклиний, VI — Орехово-Павлоградская шовная зона, VIa — западноприазовская часть ОПШЗ, VII — Ремовский блок. **Главные разломы** (цифры в кружках): 1 — Орехово-Павлоградский, 2 — Западноприазовский, 3 — Корсакский, 4 — Центральноприазовский, 5 — Малоянисольский

Fig. 1. Structural scheme of Peri-Azovian megablock [1]: 1 — granitoid with relics of amphibolite facies gneisses, 2 — greenstone belts, 3 — extended packs of granulites, 4 — building of blocks of granite-greenstone belts, 5 — undivided Proterozoic granitoids and alkaline rocks, 6 — faults, 7 — site of work. **Granitoid domes:** I — Saltychiya, II — Gaychur, III — Volchanka, IV — Kalmiuss, V — Mangush synclinorium: VI — Orekhov-Pavlograd suture zone, VIa — West-Peri-Azovian part of Orekhov-Pavlograd suture zone, VII — Remov block. **Major faults** (numbers in circles): 1 — Orekhov-Pavlograd, 2 — West-Peri-Azovian, 3 — Korsak, 4 — Central-Peri-Azovian, 5 — Maloyanisol

Рис. 2. Геологическая карта участка работ, по [9]. 1 — амфиболиты пироксеносодержащие; 2 — гнейсы и кристаллосланцы двупироксеновые, часто амфиболизированные; 3 — гнейсы и кристаллосланцы биотит-гиперстеновые, часто с гранатом, гнейсы гиперстеновые; 4 — гнейсы и кристаллосланцы биотит-диопсидовые, биотит-амфибол-диопсидовые; 5 — гнейсы биотитовые; 6 — гнейсы гранат-биотитовые; 7 — гнейсы биотит-силлиманитовые; 8 — гнейсы и кристаллосланцы биотит-амфиболовые, амфиболовые; 9 — гнейсы графит-биотитовые, силлиманит-графит-биотитовые; 10 — эндербиты; 11 — граниты пироксен-роговообманковые; 12 — тоналиты; 13 — граниты биотит-роговообманковые; 14 — диориты, кварцевые диориты; 15 — плагииграниты и плагииомигматиты биотитовые; 16 — граниты аплит-пегматоидные; 17 — сиениты

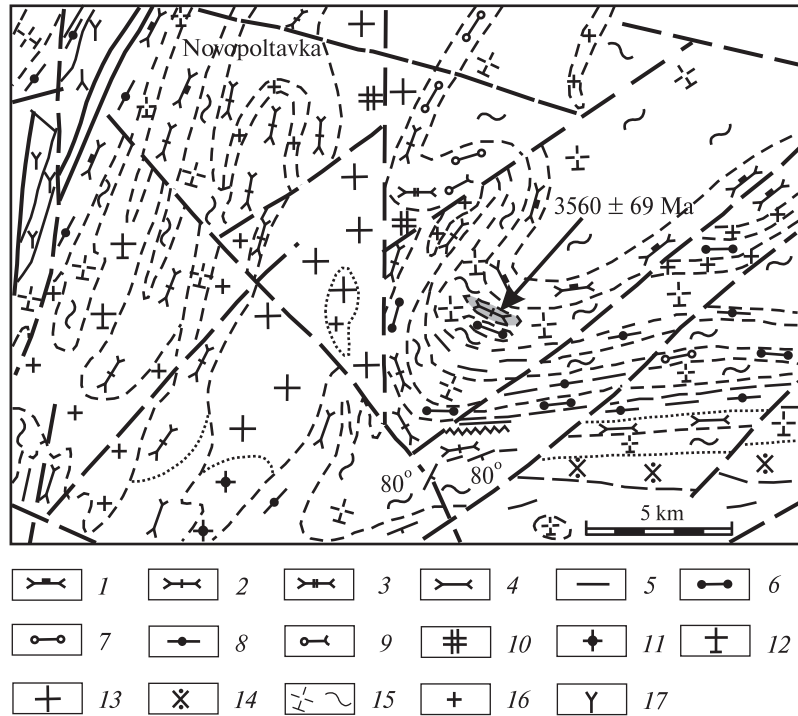


Fig. 2. Geological map of the works' area [9]: 1 — pyroxene-bearing amphibolites; 2 — two-pyroxene gneisses and crystalline shists often amphibolized; 3 — biotite-hypersthene gneisses and crystalline shists, often with garnet, hypersthene gneiss; 4 — gneisses and crystalline shists of biotite-diopside, biotite-amphibole-diopside; 5 — biotite gneisses; 6 — garnet-biotite gneisses; 7 — biotite-sillimanite gneisses; 8 — biotite-amphibole, amphibole gneisses and crystalline shists; 9 — graphite-biotite, sillimanite-graphite gneisses; 10 — enderbites; 11 — pyroxene-hornblende granite; 12 — tonalites, 13 — biotite-hornblende granite; 14 — diorite, quartz diorite; 15 — biotite plagiogranites and plagiomigmatites; 16 — aplite-pegmatoid granites; 17 — syenites

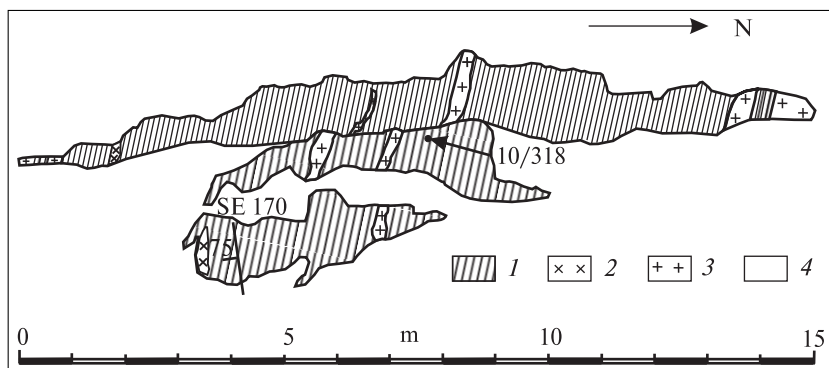


Рис. 3. Схема обнажения: 1 — тоналитовый гнейс; 2 — гранодиорит; 3 — гранит пегматоидный микроклиновый, 4 — не обнажено

Fig. 3. Scheme of outcrops: 1 — tonalite gneiss, 2 — granodiorite, 3 — microcline pegmatoids granite, 4 — are not exposed

0,47; Al_2O_3 — 15,76; Fe_2O_3 — 1,16; FeO — 4,67; MnO — 0,08; MgO — 1,97; CaO — 5,06; Na_2O — 4,62; K_2O — 1,24; $S_{общ}$ — нет; P_2O_5 — 0,23; H_2O^- — 0,48; п. п. п. — 0,66; сумма — 99,94. По химическому составу эти породы соответствуют кварцевым диоритам нормального ряда натриевой и калий-натриевой серий ($SiO_2 = 62,93-63,51$; $Na_2O + K_2O = 5,30-5,86$; $Na_2O/K_2O = 3,73-4,3$ %; $mg = 0,32-0,34$). Это среднекалиевая известково-щелочная весьма высокоглиноземистая ($al = 2,04$) порода с высокой железистостью. На диаграмме *AFM*

фигуративные точки тоналитовых гнейсов попадают в поле известково-щелочных пород (рис. 4), а на классификационной диаграмме *Ab — An — Or* — в поле тоналитов (рис. 5).

Циркон в тоналитовых гнейсах обнаружен в протолочных пробах и шлифах. В породе он встречается на контакте зерен плагиоклаза и кварца. Цвет циркона светло-коричневый, огранка кристаллов гиацинтового типа, поверхность граней ровная, гладкая. Внутреннее строение кристаллов тонкозональное (рис. 6).

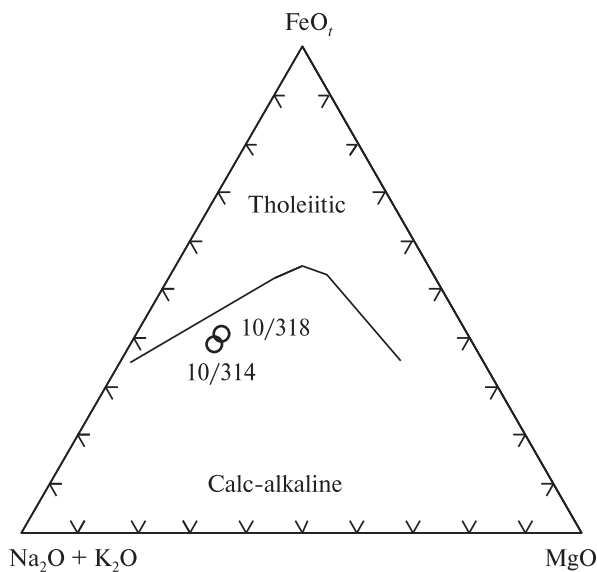


Рис. 4. Диаграмма AFM для тоналитовых гнейсов верхнетокмакской толщи
 Fig. 4. AFM diagram for tonalite gneiss of Verkhniy Tokmak thickness

У части кристаллов отмечается обрастание более поздним коричневым цирконом. По минералогическим характеристикам этот циркон подобен циркону из диоритов, имеет магматический генезис.

Для изотопных исследований были отобраны под биноклем кристаллы светло-коричневого циркона без видимых обрастаний. Химическая подготовка проб для изотопных исследований и измерения изотопного состава свинца и урана выполнены в лаборатории ИГМР им. Н.П. Семененко НАН Украины по модифицированной методике Кроу на восьмиколлекторном масс-спектрометре МИ 1201 АТ [15—17]. Полученные значения изотопного возраста по разным фракциям циркона характеризуются прямой дискордантностью (таблица). По этим данным была рассчитана изо-

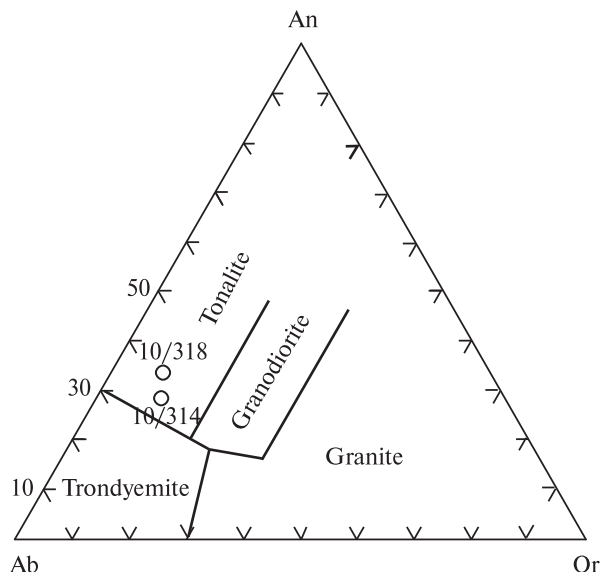


Рис. 5. Диаграмма Ab — An — Or для тоналитовых гнейсов верхнетокмакской толщи
 Fig. 5. Ab — An — Or diagram for tonalite gneiss of Verkhniy Tokmak thickness

хронная зависимость, которая дала два пересечения с конкордией. Верхнее пересечение изохроны с конкордией соответствует возрасту магматизма — 3560 ± 69 млн лет, СКВО = 0,53, а нижнее — 2287 ± 112 млн лет — времени метаморфизма (рис. 7). Время метаморфизма по нижнему пересечению изохроны с конкордией подтверждается уран-свинцовыми изотопными датами (2,04—2,07 млрд лет) по монациту из метаморфических пород и монациту из прорывающих их более поздних калиевых гранитов.

Содержание свинца и урана в цирконе из этих тоналитовых гнейсов обычно для гранитоидов ТТГ формации и значительно ниже, чем в цирконе из эоархейских тоналитов (3670 ± 50 млн лет) Новопавловского блока в Орехово-Павлоградской структуре, что ука-

Результаты U-Pb геохронологических исследований тоналитовых гнейсов
Results of U-Pb geochronological investigations of tonalite gneiss

Фракция циркона, мм	Содержание, ppm		Изотопные отношения					Возраст, млн лет		
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
<i>Пр. 10/318, тоналитовый гнейс, циркон</i>										
НМ, 0,1—0,2	264,1	190,1	37740	3,7631	8,5135	0,60453	22,1488	3048	3190	3281
НМ, 0,07—0,1	260,7	186,9	50000	3,7672	8,9111	0,60436	22,1242	3047	3189	3279,7
НМ, 0,04—0,07	306,8	207,7	37170	3,9621	8,5558	0,57437	19,9849	2926	3091	3199,6
НМ, <0,04	215,4	133,3	28570	4,2644	12,061	0,54589	17,6386	2808	2970	3082

Примечание. НМ — не магнитная фракция циркона.

зывает на их выплавление из разных магматических источников [1, 12].

Впервые выявленные в Западноприазовском блоке останцы тоналитовых гнейсов возрастом 3560 ± 50 млн лет указывают на палеоархейский возраст фундамента Приазовского мегаблока и позволяют рассматривать его как палеоархейский террейн, ремобилизованный в мезоархее и протерозое. Близкие по составу гнейсы среднего состава описаны в стратотипическом разрезе верхнетокмакской толщи западноприазовской серии [10, 13], что позволяет отнести изученные тоналитовые гнейсы к верхнетокмакской толще западноприазовской серии.

На Украинском щите (УЩ) древнейшие породы выявлены также на Новопавловском и Васильковском участках в пределах Орехово-Павлоградской шовной структуры и в отдельных тектонических структурах Днестровско-Бугского мегаблока. Согласно геофизическим данным [9], они характеризуются утолщенной корой.

На основании полученных за последние годы геодинамических, изотопно-геохимических и геофизических данных по раннему докембрию УЩ можно сделать вывод о принципиальном сходстве строения континентальной коры УЩ с кратонами Слейв, Каапвааль, Зимбабве, Сибирского и Австралийского, фундамент которых сложен палеоархейскими образованиями. Согласно опубликованным данным, в основании палеоархейского фундамента этих кратонов достигались *PT* условия, достаточные для формирования архейских алмазоносных формаций ранней генерации [14, 17]. Важное значение в прогнозировании алмазоносных формаций придается так называемым килевым структурам, которые выделяются под палеоархейским фундаментом [8].

В Западноприазовском блоке УЩ, где получено наибольшее количество палеоархейских изотопных дат как по магматическим породам, так и по кластогенному циркону из архейских метаосадочных пород, древнейший фундамент является, вероятно, наименее переработанным на УЩ.

Выводы. 1. Анализ изложенного фактического материала с учетом глобальных критериев алмазоносности позволяет сделать предположение о проявлении процессов алмазообразования, приуроченных к мантийным источникам архейского эона (3,6—2,9 млрд лет)



Рис. 6. Внутреннее строение циркона из тоналитовых гнейсов

Fig. 6. The internal structure of zircon from tonalite gneiss

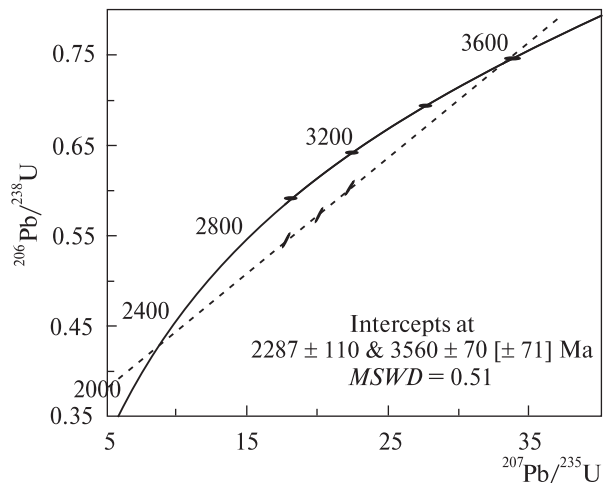


Рис. 7. Уран-свинцовая изохрона с конкордией для циркона из тоналитовых гнейсов верхнетокмакской толщи

Fig. 7. Uranium-lead isochron with concordia for zircon from tonalite gneiss of Verkhniy Tokmak thickness

на УЩ, которые привели к формированию "килевой" структуры [8].

2. Палеоархейские образования Приазовского мегаблока, в отличие от палеоархейских структур Днестровско-Бугского региона и Орехово-Павлоградской структуры, не претерпели существенной переработки наложенными высокотемпературными процессами, поэтому "килевидные" структуры палеоархей, вмещающие алмазы, могли сохраниться.

3. Учитывая указанные выше глобальные [14, 18] и региональные [10, 12] критерии выделения алмазоносных формаций в пределах УЩ [2] полагаем, что Западноприазовский террейн перспективен на алмазоносность. Необходимы комплексные геологические, петрологические, изотопно-геохимические и мине-

ралогические исследования, которым должны предшествовать геофизические работы с целью выделения площадей с утолщенной литосферой [9].

1. Бибикова Е.В., Лобач-Жученко С.Б., Артеменко Г.В. и др. Позднеархейские магматические комплексы Приазовского террейна Украинского щита: геологическое положение, изотопный возраст, источники вещества // Петрология. — 2008. — 16, № 3. — С. 227—247.
2. Гейко Ю.В., Гурский Д.С., Лыков Л.И. и др. Перспективы коренной алмазности Украины. — Киев-Львов: "Центр Европы", 2006. — 200 с.
3. Геологічна карта та карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноукраїнська серія / Держ. геол. служба України, М-во екології та природ. ресурсів України. — 1 : 200000. — 1998.
4. Геологическая карта докембрийских образований Приднепровского и Приазовского районов Украинского щита / ПГО "Южукргеология", Новомоск. ГРЭ. — 1 : 200000. — 1988.
5. Глевасский Е.Б. Геологическая позиция и особенности структуры месторождений железистых кварцитов Западноприазовского железорудного района // Аспекты минерагии Украины: Сб. науч. тр. НАН и МЧС Украины / Гос. науч. центр радиохимии окружающей среды; Отв. ред. Е.А. Кулиш. — Киев, 1998. — С. 125—143.
6. Гранулитовая фация Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1985. — 123 с.
7. Заика-Новацкий В.С., Казаков А.Н., Ржаницына С.В. и др. Структурная эволюция Украинского щита и Горного Крыма // Вестн. Киев. ун-та. — 1985. — № 4. — С. 18—25.
8. Розен О.М., Щипанский А.А., Туркина О.М. Геодинамика ранней Земли. Эволюция и устойчивость геологических процессов (офиолиты, островные дуги, кратоны, осадочные бассейны). — М.: Науч. мир, 2008. — 186 с. — (Тр. Геол. ин-та; Вып. 584).
9. Соллогуб В.Б. Литосфера Украины. — Киев: Наук. думка, 1986. — 184 с.
10. Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита / Н.П. Щербак, К.Е. Есипчук, Б.З. Берзенин и др. — Киев: Наук. думка, 1985. — 168 с.
11. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — Киев: Наук. думка, 2005. — 243 с.
12. Щербак Н.П., Бартницкий Е.Н., Бибикова Е.В., Бойко В.Л. Эволюция континентальной коры Украинского щита в раннем докембрии // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1984. — № 7. — С. 73—83.
13. Эйно О.Л., Есипчук К.Е., Цуканов В.А. Докембрий Западного Приазовья. — Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1971. — 184 с.
14. Clifford T.N. Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa // Earth and Planet. Sci. Lett. — 1966. — 1. — P. 421—434.
15. Krogh T.E. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U

and Pb for isotopic age determinations // Geochim. et cosmochim. acta. — 1973. — 37. — P. 485—494.

16. Ludwig K.R. PbDat for MS-DOS, version 1.06 // U.S. Geol. Open-File Rept. 88-542. — 1989. — P. 40.
17. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 88-557. — 1990. — 64 p.
18. Steven B. Shirey, Stephen H. Richardson, Jeffrey W. Harris Integrated models of diamond formation and craton evolution // Lithos. — 77. — P. 923—944.

Поступила 12.09.2011

М.П. Щербак, Г.В. Артеменко, И.А. Швайка,
В.В. Демедюк, Т.І. Довбуш, О.Б. Висоцький

ПАЛЕОАРХЕЙСЬКИЙ ВІК (3,56 МЛРД РР.) ТОНАЛІТОВИХ ГНЕЙСІВ ПРИАЗОВСЬКОГО МЕГАБЛОКУ ТА ПРОБЛЕМИ АЛМАЗНОСТІ СХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

На Західноприазовському мегаблоці вперше встановлено палеоархейський вік (3560 ± 69 млн рр.) тоналітових гнейсів. Одержані дані дозволяють зробити висновки про палеоархейський вік кристалічного фундаменту Приазовського мегаблоку, що розширює перспективи виявлення архейських алмазних формацій у Західноприазовському террейні цього регіону.

M.P. Shcherbak, G.V. Artemenko, I.A. Shvaika,
V.V. Demedyuk, T.I. Dovbush, O.B. Vysotskiy

PALEOARCHEAN AGE (3.56 GA) OF TONALITE GNEISS OF PERI-AZOVIAN MEGABLOCK AND DIAMOND PROBLEMS EASTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD

The Paleoproterozoic age (3560 ± 69 Ma) of tonalite gneiss of Verkhniy Tokmak rock mass was first established in the West-Peri-Azovian block. New data permit to suggest a widespread Paleoproterozoic formations in the continental crust of Peri-Azovian megablock and consider it as Paleoproterozoic terrane. On the Ukrainian Shield the oldest rocks were also found on Novopavlivka and Vasilkivka sites within the Orekhov-Pavlograd structure and some tectonic structures in the Dniester-Bug megablock. According to geophysical data they are characterized by a thickened crust. Based on these recent geodynamic, isotope-geochemical and geophysical data for the early Precambrian of the Ukrainian Shield one can make a conclusion about fundamental similarity of the structure of the continental crust of cratons of the Ukrainian Shield to that of Slave, Kaapvaal, Zimbabwe, Australia and Siberia, the foundation of which is composed of Paleoproterozoic formations. According to published data, sufficient *PT* conditions for the formation of Archean diamond-bearing formations were achieved on the basis of Paleoproterozoic foundation of these cratons. On Peri-Azovian megablock of the Ukrainian Shield, where the greatest number of Paleoproterozoic isotope dates both by magmatic rocks and by clastogenic zircon from the Archean metasedimentary rocks was obtained, the oldest foundation is the least reprocessed on the Ukrainian Shield, that increases the prospects of diamond-bearing formations on West-Peri-Azovian terran of this region.