

УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ ЦИРКОНА
В ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ
ПРИДНЕПРОВСКОЙ РОССЫПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Е. А. Ремезова, С. П. Василенко, Т. В. Свивальнева, У. З. Науменко, О. В. Яременко

Институт геологических наук Национальной академии наук Украины, Киев

Поступила в редакцию 14 апреля 2014 г.

Аннотация: *установлены источники накопления циркона в Приднепровской россыпной зоне. Ими являются гранитоидные массивы коростенского комплекса для россыпей Волынского района, а также граниты и мигматиты кировоградского типа для россыпей Среднего Приднепровья. Определены факторы, влияющие на процесс россыпьеобразования: наличие региональных коренных источников на Украинском щите (УЩ), интенсивное химическое выветривание пород в областях сноса, перенос терригенного материала с многократным его переотложением, наличие промежуточных коллекторов, гидродинамические характеристики среды отложения. Изучены особенности геологического строения и условия накопления циркона, отмечена приуроченность россыпей к отложениям новопетровской свиты. Продемонстрированы результаты и возможности цифрового структурно-литологического моделирования (ЦСЛМ) распределения циркона на Злобичском и Мотроновско-Анновском месторождениях.*

Ключевые слова: *циркон, ильменит, прибрежно-морские и аллювиальные россыпи, титан-циркониевые руды, Украинский щит.*

THE CONDITIONS OF ZIRCON ACCUMULATION IN THE TITANIUM-ZIRCONIUM
PLACERS OF THE TRANS-DNIEPER PLACER ZONE OF UKRAINE

Abstract: *the sources of zircon accumulation within the Dnieper placer zone have been determined. There were the granitoid massifs of Korosten complex in the Volyn region; as well as granites and migmatites of Kirovograd type for the placers from Near Dnieper region. The factors which are influence on process of placer forming have been revealed: the availability of regional indigenous sources (Ukrainian Shield), intense chemical weathering of rocks in the source area, transfer of terrigenous material considering multiple redeposition, presence of intermediate collectors, hydrodynamic characteristics of sedimentation. The geological structure and the conditions of zircon accumulation have been studied. The confinement of placer deposits to Novopetrovsky suite features has been provided. The results and capabilities of digital structural-lithological modelling (DSLМ) on zircon distribution within the Zlobychy and Motrona-Annyvske deposits have been demonstrated.*

Key words: *zircon, ilmenite, costal-marine and alluvial placers, titanium-zirconium ores, Ukrainian Shield.*

Методика и методы

Для решения поставленных задач был применен специализированный комплекс полевых и лабораторных исследований, охватывающий литологические, палеогеографические, палеогеоморфологические, палеотектонические методы исследований, а также метод компьютерного моделирования на основе принципов структурно-литологического расчленения пород.

Образование россыпей предопределялось сочетанием благоприятных геолого-геоморфологических и палеогеоморфологических условий в определенные эпохи геологической истории развития территории УЩ. Такими условиями являлись [2]:

- наличие коренных источников питания – металлоносности кристаллических пород;
- неглубокое залегание первичных источников сноса фундамента кристаллического щита;
- широкое развитие на значительную глубину процессов выветривания, преимущественно химического.

Системы разновозрастных палеодолин служили канализованными потоками, по которым происходило транспортирование осадков. Тяжелые минералы отлагались в палеогеоморфологических ловушках, формируя россыпи. Такими ловушками в пределах палеодолин были отдельные впадины в русле, нижняя часть поймы и другие формы микрорельефа. В морских условиях осадочный материал отлагался вблизи уступов и в авандельтах (рис. 1).

Метод цифрового структурно-литологического моделирования, адаптированный для россыпей тяжелых минералов впервые был разработан [4] в Институте геологических наук НАН Украины научно-техническим коллективом с участием авторов. Методология, методика и результаты ЦСЛМ отображены в ряде работ [5–7]. Данная методика была модифицирована для условий аллювиальных и прибрежно-морских россыпей, в частности Злобичского и Мотроновско-Анновского месторождений. Для моделирования было проведено целевое расчленение

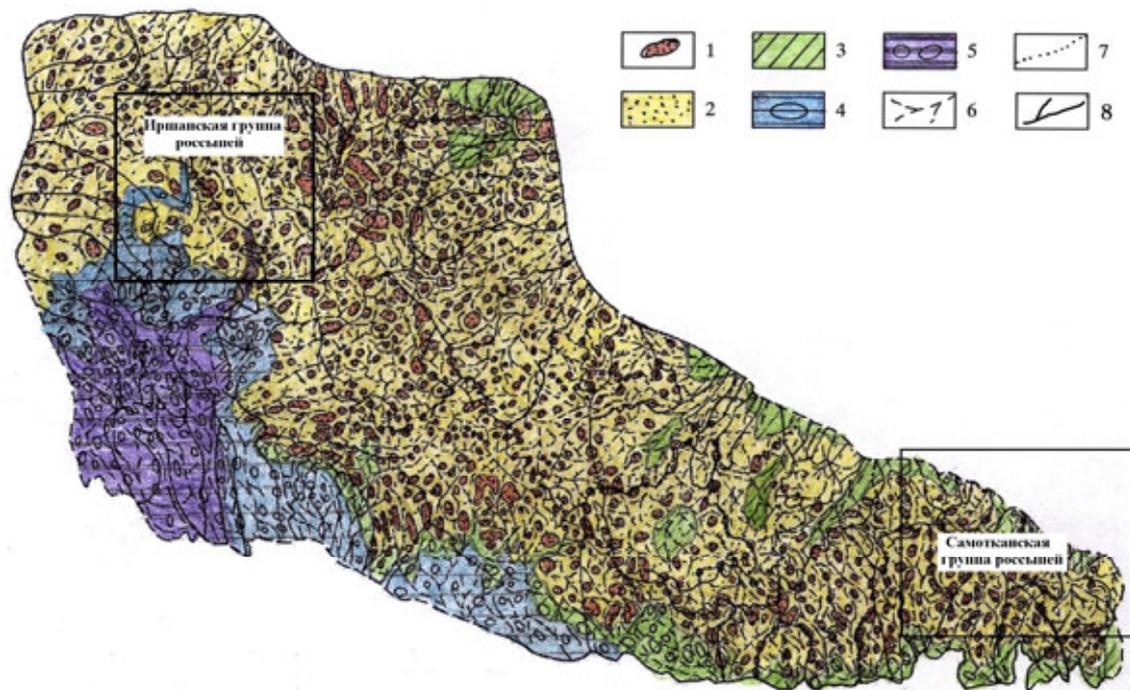


Рис. 1. Палеогеоморфологическая карта развития рельефа в миоцене в пределах Приднепровской россыпной зоны, по материалам [3]. Масштаб 1:500000. Условные обозначения: 1 – денудационный рельеф; 2 – денудационно-аккумулятивный и аккумулятивно-денудационный рельеф; 3 – аккумулятивный рельеф приморской равнины; 4 – абразионно-аккумулятивный рельеф мелководного моря с островами и повышенными участками дна; 5 – аккумулятивный рельеф относительно глубокого моря с островами и повышенными участками дна; 6 – тальвеги континентальных и подводных долин; 7 – водораздельные линии; 8 – границы историко-динамических систем рельефа бассейнового типа

разрезов. Для расчленения отложений новопетровской свиты приняты характеристики двух групп: 1) генетической – микрофации и 2) литологической – литофации. В толще аллювия было выделено 19 литофаций, которые в разных соотношениях слагают 10 микрофаций. На основании этих расчленений была построена геолого-технологическая модель месторождений, включающая распространение циркона.

Обобщенная характеристика условий образования включает построение крупномасштабной палеогеографической схемы среднего течения Палео-Ирши, а также установление тел, которые являются источниками сноса для Иршанских россыпей. Построение схемы базируется на аналитическом совмещении трех разномасштабных палеогеографических и палеогеоморфологических реконструкций: мелкомасштабной палеогеографической карты [8], среднемасштабной схемы разновозрастных (палеогеновых, неогеновых) палеодолин и современных долин Волынского россыпного поля [3], а также разработанной крупномасштабной карты микрофаций площади Злочинского месторождения [9].

Для прибрежно-морских россыпей (например, Мотроновско-Анновского месторождения) подтверждено выделение в плане двух полос насыщенных рудными телами, которые прослеживаются вдоль береговой линии палеобассейна. В генетическом отношении обе полосы рудных тел принадлежат к зоне фаций морского мелководья; в пределах юго-восточной полосы прослеживается подчиненное влияние фаций при-

брежного мелководья. [10]. В этом случае расчленение разрезов проводилось по литолого-фациальным данным, с использованием результатов обработки гранулометрических анализов.

В результате моделирования были получены литофациальная карта, карты изопакит рудоносной толщи, гипсометрии подошвы и кровли пласта, распределения полезных минералов и ряд производных карт, характеризующих взаимосвязи между отдельными показателями пласта. На основе анализа этих компонентов структурно-литологической модели были восстановлены условия формирования рудоносных отложений.

Установлено, что основными факторами концентрации тяжелых минералов являются: гидродинамический, что характеризуется преобладающей ролью вдольбереговых течений, и структурно-седиментационный, который охватывает два иерархических уровня масштабности (более высокий – это изгиб береговой линии, который предопределяет соответствующие изменения гидродинамических параметров и более низкий – это перегибы дна седиментационного бассейна, что определяли действие структурно-седиментационного фактора подчиненной масштабности) [7].

Объекты исследования

Злочинское месторождение находится в Коростенском районе Житомирской области Украины на левом берегу среднего течения р. Ирши. В геологическом отношении исследуемый район находится в северной части Волынского мегаблока УЩ. Ир-

шанская группа месторождений входит в состав Волынского россыпного поля россыпной зоны УЩ – Украинской россыпной золото-титан-редкометальной провинции. В строении Волынского мегаблока, в целом, установлены два структурных этажа: нижний – породы кристаллического фундамента (с корами выветривания, развитыми по ним) и верхний – осадочный чехол, представленный образованиями мезозой-кайнозойского возраста. Аналогичную общую структуру имеет и территория Иршанской группы месторождений. Собственно группа месторождений охватывает два формационных элемента: осадочную толщу и образования коры выветривания пород кристаллического фундамента. Большую часть разреза осадочной толщи слагают отложения новопетровской свиты, которые платообразно перекрыты четвертичными породами [12].

Характеристика оруденения. Оруденение имеет сквозной характер. Максимальные концентрации (и запасы) циркона и ильменита сосредоточены в песках новопетровской свиты [12]. Минимальные содержания отмечены в четвертичных отложениях, перекрывающих россыпи. В среднем по группе Иршанских месторождений концентрации циркона (кг/м³) следующие: Валки-Гацковское месторождение – 0,4; Злобичское – 0,31; Паромовское – 0,52; Правобережное – 1,49; Краснореченское – 0,63; Очеретянское – 0,29; Выдыборское – 0,14 [13].

Для Злобичского россыпного месторождения, как наиболее перспективного в пределах Иршанской

россыпной группы, была построена модель распределения циркона (рис. 3), которая показывает, что наблюдается несколько пиков его максимальных значений, приуроченных к различным частям палеодолины (рис. 2) и разным фациям. Циркон на месторождении распределен неравномерно и не имеет четкой закономерности распределения. Содержание циркона в отложениях продуктивной толщи колеблется в пределах 184–196 г/т, максимальное – 280 г/т. На месторождении соотношение ильменита к циркону составляет 25:1 соответственно.

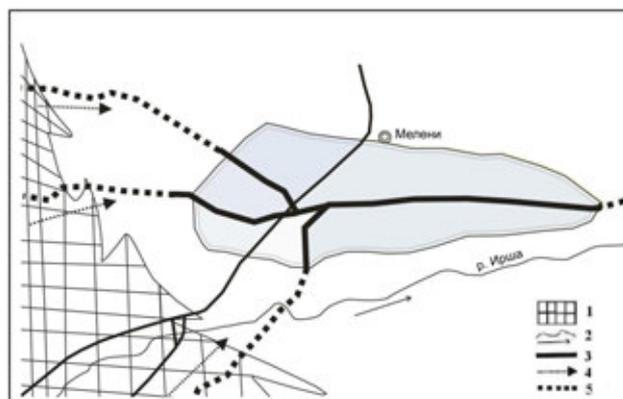


Рис. 2. Палеогеографическая схема среднего течения палео-Ирши. Условные обозначения: 1 – источники сноса; 2 – современные реки и направление их течения; 3 – палеорека; 4 – направление источников сноса; 5 – примерное направление реки

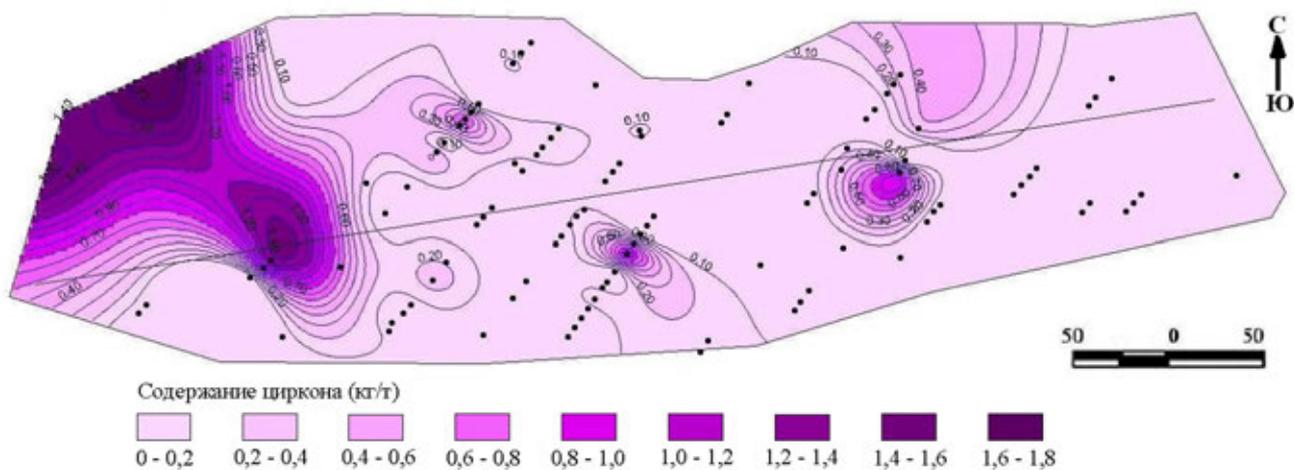


Рис.3. Модель распределения циркона по Злобичскому месторождению

Чаще всего повышенные концентрации приурочены к русловым, пристрежневым частям долины, углублениям в русле, иногда – к низкой пойме и отдельным локальным поднятиям внутри долины. В некоторых случаях содержания циркона повышены в местах впадения палеопритоков в Злобичскую палеодолину. Требуется дополнительное исследование, в том числе по данным бурения, распределения циркона в пласте, поскольку пробы отбирались преимущественно в центральной части россыпи (блоки первоочередной отработки).

Согласно анализу палеогеографических и геохимических карт, сопоставления типоморфных и типохимических особенностей минералов, коренными источниками циркона служили гранитные массивы коростенского комплекса юго-восточнее россыпи.

Мотроновско-Анновское месторождение расположено в Днепропетровской области, в зоне сочленения двух крупных структур платформенного типа – Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины и охватывает северо-восточный склон щита. В геологическом отношении представляет собой

древнюю погребенную россыпь тяжелых минералов, которая сформировалась в условиях мелководного моря [14, 15]; субаквальных условиях закрытого континентального бассейна типа море–озеро [10, 16] (рис. 4). Полезными минералами являются ильменит, рутил, циркон, соотношение которых составляет 7:2:1 соответственно, а также лейкоксен, дистен, силлиманит, ставролит. Наиболее древними породами в пределах месторождения являются плагиограниты и мигматиты архея, залегающие на глубине 50–120 м. Верхняя часть пород кристаллического фундамента выветрелая и перекрыта корой выветривания, местами в северо-западной части месторождения до 40 м. Разрез осадочного чехла в пределах месторождения в целом представлен отложениями палеогена (бучакская, киевская, межигорская свиты) и неогена – новопетровская свита полтавской серии, с которой связаны основные концентрации рудных минералов [16].

Полтавская серия на исследуемой территории представляет собой разнофациальную толщу преимущественно песчаных отложений, стратиграфически расположенных между подстилающими образованиями межигорской свиты и перекрывающей толщи пестрых глин. Эта часть разреза относится к двум региоярусам–берекскому и новопетровскому [17]. Мощность отложений полтавской серии колеблется от 20–40 м на значительной части региона до 130–150 м на депрессионных участках и в пределах конседиментационных прогибов.

Комплексное изучение отложений новопетровской свиты в пределах Самотканской группы россыпей, с учетом проведенных нами полевых исследований, позволило провести корреляцию литостратиграфических горизонтов и установить общую приуроченность россыпи к средней подсвите новопетровской свиты.

Цифровая структурно-литологическая модель Мотроновско-Анновского месторождения. При ЦСЛМ авторами была создана база данных с расчленением 1135 скважин разведочного бурения (по данным В. Д. Ярового, 2005), с учетом результатов минералогических анализов 18947 проб, в том числе содержания титаносодержащих минералов (коллективного концентрата, циркона, рутила, ильменита, условного ильменита, дистен-силлиманита), содержания глинистой фракции, содержания тяжелой фракции.

При создании модели (рис. 5) в базу данных были введены исходные данные, касающиеся структурных характеристик рудовмещающей толщи, литофациального расчленения по двум признакам – содержанию глинистого материала и гранулометрического состава, а также площадного распределения содержания рудных минералов, коллективного концентрата и условного ильменита.

Ниже приведены примеры наиболее представительных элементов моделей.

На карте четко выделяется основная полоса повышенных мощностей рудоносной толщи, расположенная в средней части участка, северо-западного простирания, которая коррелируется с гипсометрически-

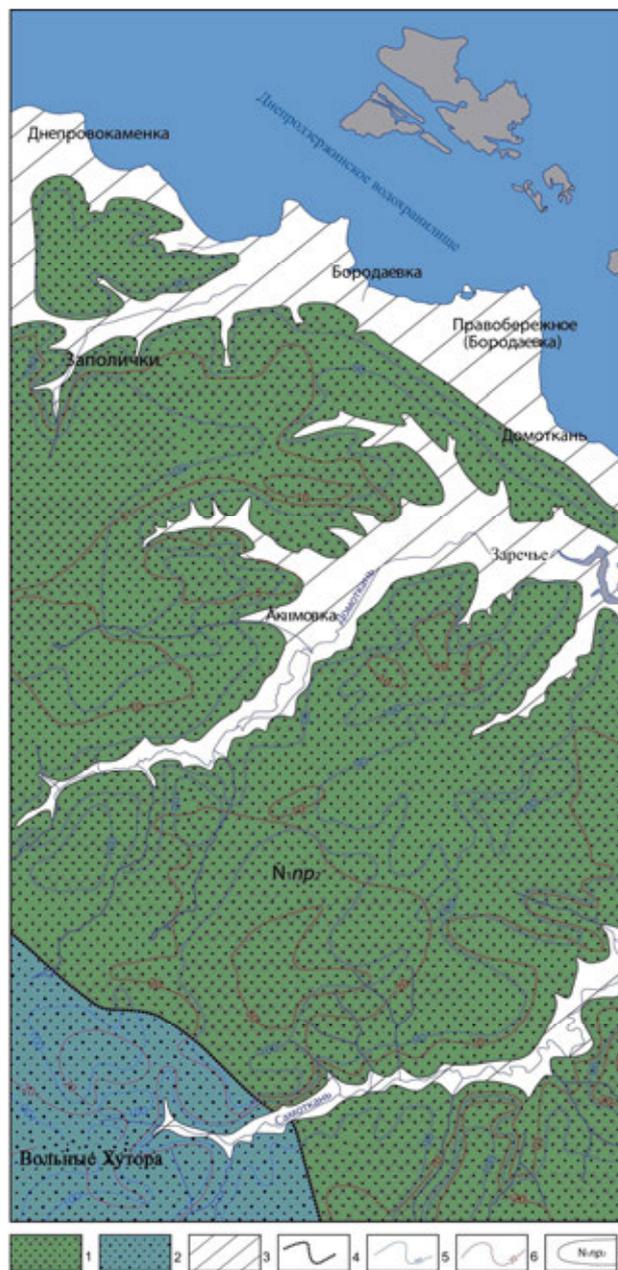


Рис. 4. Литолого-фациальная карта отложений средней подсвиты новопетровской свиты (средний миоцен) N₁pr₂. Масштаб: 1:600 000. Условные обозначения: *Аллювиально-озерные фации:* 1 – пески кварцевые, тонкозернистые, иногда мелкозернистые, желтые, охристо-желтые; *Прибрежно-озерные умеренно мелководные фации:* 2 – пески кварцевые, рудоносные, преимущественно разномзернистые; 3 – области размыва; 4 – фациальные границы; 5 – страто изогипсы поверхности доверхнемиоценового времени, м; 6 – изопакиты, м; 7 – граница распространения отложений среднего миоцена

ми параметрами подошвы толщи. С этой полосой связаны также участки повышенных концентраций циркона, ильменита, рутила, и других рудных минералов (рис. 6).

Предполагается существование палеогеоморфологических ловушек вблизи уступов плоско-вершинных возвышенностей в зоне прибрежного мелководья.

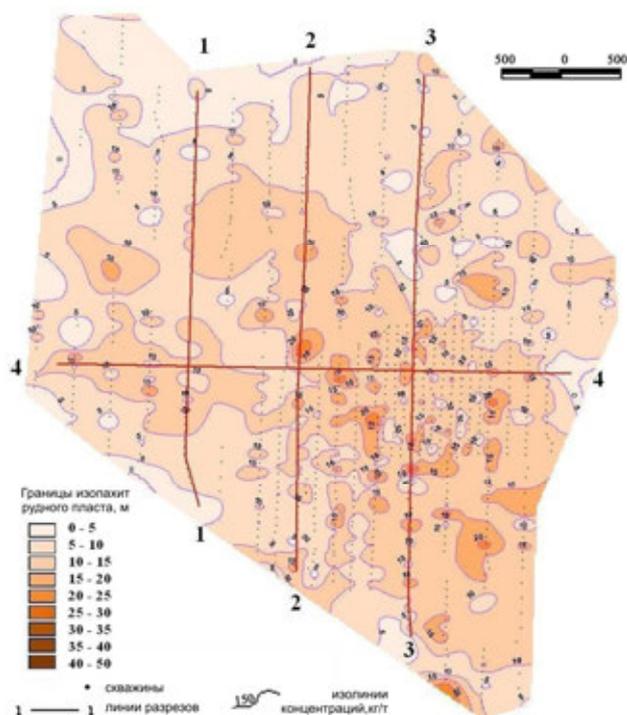


Рис. 5. Карта изопакит рудоносной толщи Мотроновско-Анновского месторождения

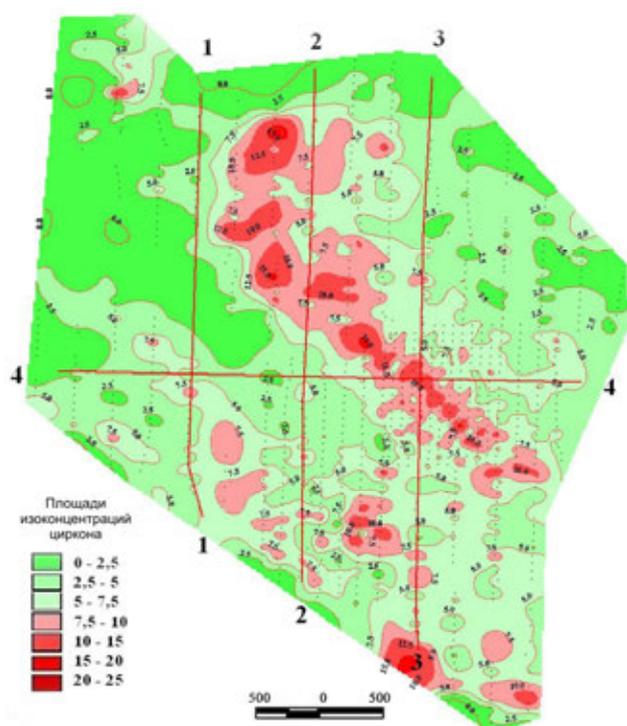


Рис. 6. Карта распределения циркона в рудном теле Мотроновско-Анновского месторождения. Условные обозначения см. на рис. 5

Предполагается, что коренными источниками циркона для россыпей Среднего Приднепровья могли быть граниты и мигматиты кировоградского типа (Кировоградско-Бобринецкий, Долинский, Верблюжский, Боковьянский массивы) [14]. Циркон транспор-

тировался к палеоподнятиям древнего бассейна седиментации и отлагался вблизи них в результате переноса обломочного материала циркумными течениями [18].

Заключение

Таким образом, основным промышленным типом месторождений циркона и титана являются комплексные циркон-ильменитовые россыпи, где сосредоточено 92 % и 52 % мировых запасов для каждого компонента соответственно.

Источники накопления циркона, в пределах Приднепровской россыпной зоны, определены посредством анализа палеогеографической обстановки, развития и строения россыпей, изучения и сопоставления типоморфных и типохимических особенностей минералов.

Факторами, влияющими на образование россыпей в новопетровское время являются следующие: наличие региональных коренных источников (УЩ), которые содержат повышенные содержания тяжелых минералов; химическое выветривание пород в области сноса на достаточную глубину; дальний перенос терригенного материала с многократным переотложением минералов; наличие промежуточных коллекторов; присутствие седиментационного бассейна, в котором осуществляется максимальная сепарация минеральных зерен по их гидравлической крупности. Для россыпей ближнего сноса (Иршанская группа россыпей) характерна приуроченность повышенных концентраций циркона к местам впадения приток, размывающих массивы гранитоидов коростенского комплекса, в палеодолину. Отмечается неравномерное распределение циркона в пределах палеодолины, зависящее от гидродинамических параметров потока. Влияние данного фактора требует доизучения.

Непосредственными источниками питания россыпных месторождений Приднепровской россыпной зоны являются разные по возрасту и генезису породы: интрузивные, эффузивные и их коры выветривания, а также осадочные отложения, за счет перемива которых поступал материал в формирующиеся россыпи.

Пространственное положение россыпей находится в тесной зависимости от размеров и формы площадного развития выступавших на поверхность коренных пород. При равных условиях россыпи разного возраста локализуются, как правило, в пределах территории распространения продуктивных пород или вблизи от них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шило Н. А. Учение о россыпях: Теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей / Н.А.Шило. – Владивосток : Дальнаука, 2002. – 576 с.
2. Цымбал С.Н. Закономерности размещения и источники питания титановых и титано-циркониевых россыпей Украины / С.Н.Цымбал [и др.] // Древние и погребенные россыпи СССР. – Т. 1. – Киев : Наук. думка, 1977. – С. 84–92.
3. Комлэв О. О. Історико-динамічні басейнові геоморфосистеми геоморфологічних формацій Українсь-

кого чита: автореф. дис. ... д-ра географ. Наук / О.О.Комлэв. – К., 2005. – 37 с.

4. Хрущов Д. П., Лобасов А. П., Гейченко М. В. Структурно-литологические модели перспективных осадочных формаций / Д.П.Хрущов, А.П.Лобасов, М.В.Гейченко // Мінер. ресурси України. – 2010. – № 4. – С. 39–44.

5. Хрущов Д. П., Лобасов А. П. Принципы разработки цифровых структурно-литологических моделей осадочных формационных подразделений / Д.П.Хрущов, А.П.Лобасов // Геол. журн. – 2006. – № 2–3. – С. 90–120.

6. Лаломов А. В., Таболич С. Э. Локальные геологическо-динамические факторы формирования прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов / А.В.Лаломов, С.Э.Таболич. – М. : ГЕОС, 2013. – 224 с.

7. Хрущов Д. П. Цифрові структурно-літологічні моделі Злобичького і Мотронівсько-Аннівського розсіпних родовищ титано-цирконієвих руд / Д.П.Хрущов [и др.] // Геол. журн. – 2013. – № 2 (343). – С. 26–36.

8. Атлас палеогеографических карт Украинской и Молдавской РСР (з элементами литофаций) масштабу 1: 2 500 000 / відп. ред. В. Г. Бондарчук. – Киев : Вид-во АН УССР, 1960. – С. 60.

9. Свивальнева Т. В. Особенности геологического строения и рудоносность Злобичского месторождения ильменита / Т.В.Свивальнева // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. – К., 2012. – С. 213–218.

10. Василенко С. П. Особливості геологічної будови і речовинний склад Мотронівсько-Аннівського розсіпного Ті-Zr родовища (Пн-Сх. частина УЩ) / С.П.Василенко // Збірник тез V Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених до 95-річчя Національної Академії наук України, 19-20 листопада 2013, м. Київ – С. 22.

11. Свивальнева Т. В. Геолого-структурные условия формирования Злобичского россыпного месторождения ильменита / Т.В.Свивальнева // Наукові засади геолого-економічної оцінки мінерально-сировинної бази України та світу. Тези наук. міжнар. конф. – Київ, 2011. – С. 48.

12. Стратиграфічний кодекс України / відп. ред. П.Ф. Гожик; 2-е вид. – Київ, 2012. – 66 с.

13. Хрущов Д. П. Информационно-прогнозные структурно-литологические цифровые модели титан-циркониевых россыпных месторождений / Д.П.Хрущов [и др.] // Междунар. конф. «Титан-2013 в СНГ». Сборник конференции, Донецк, 2013. – Донецк, 2013. – С. 83–91.

14. Галецкий Л. С. Экзогенные рудоносные формации Украины / Л.С.Галецкий, М.Д.Эльянов, М.М., Н.В.Бузов // Геол. журн., 1988. – № 1 (238). – С. 3–15.

15. Цымбал С. Н. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины / С.Н.Цымбал, Ю.А.Полканов. – Киев: Наукова думка, 1975. – 247 с.

16. Зосимович В. Ю. Событийно-палеогеографические критерии как инструмент корреляции континентальных и морских отложений миоцена платформенной Украины // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук «Теоретичні та прикладні аспекти сучасної біостратиграфії фанерозою України» – Київ, 2003 – С. 87 – 89.

17. Цымбал С. Н. Стратиграфічне положення та палеогеографічні умови Мотронівсько-Аннівського Ті-Zr розсіпного родовища (Пн-Сх УЩ) / С.Н.Цымбал, Ю.А.Полканов // Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні питання геологічних досліджень в Україні», м. Львів, 3–6 жовтня 2013 р. – Львів, 2013. – С. 56–57.

18. Литолого-фациальная карта нижнего-среднего миоцена (новопетровская свита и ее возрастные аналоги). 1:500 000 / Л.С.Галецкий, А.Н.Зарицкий, Е.Ф.Шнюков. – Киев : ИГН НАН Украины, 1995.

Інститут геологічних наук НАН України

Ремезова Е.А., старший научный сотрудник, доктор геологических наук

E-mail: remezova-e@mail.ru

Тел.: +38(063)3383208

Василенко С.П., научный сотрудник

E-mail: svetlyk@gmail.com

Тел.: +380 (067)9190617

Свивальнева Т.В., младший научный сотрудник

E-mail: svilya@ukr.net

Тел.: +38 (093)7649427

Науменко У.З., старший научный сотрудник

E-mail: uliana_naumenko@mail.ru

Тел.: +38 (050) 1956617

Яременко О.В., аспирант

Тел. +038 (096)9823827

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine

Remezova E.A., Senior Researcher

E-mail: remezova-e@mail.ru

Тел.: +38(063)3383208

Vasylenko S.P., Researcher

E-mail: svetlyk@gmail.com

Тел.: +380 (067)9190617

Svivalnieva T.V., Junior scientist

E-mail: svilya@ukr.net

Тел.: +38 (093)7649427

Naumenko U.Z., Senior scientist Researcher

E-mail: uliana_naumenko@mail.ru

Тел.: +38 (050) 1956617

Yaremenko O.V., Post graduated student

Тел.: +038 (096)9823827