

## СОВРЕМЕННАЯ ТРАКТОВКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПЕРЖАНСКОГО КАССИТЕРИТ-КОЛУМБИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Л.С. Галецкий<sup>1</sup>, Д.П. Хрущев<sup>2</sup>, Е.А. Ремезова<sup>3</sup>,  
О.В. Яременко<sup>4</sup>, Е.А. Кравченко<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: nataly.kiev@i.ua  
Доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отдела геологии и полезных ископаемых.*

<sup>2</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: Khrushchov@hotmail.com  
Доктор геолого-минералогических наук, профессор, старший научный сотрудник.*

<sup>3</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: titania2305@i.ua  
Доктор геологических наук, старший научный сотрудник.*

<sup>4</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: olya\_\_89@ukr.net  
Аспирант.*

<sup>5</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: Ropyshka@ukr.net  
Горный инженер I категории.*

На основе пересмотра традиционных представлений с учетом новых стратиграфических, палеогеографических и литологических данных, а также результатов структурно-литологического моделирования дана современная трактовка геологического строения, рудных характеристик и условий образования Пержанского касситерит-колумбитового элювиально-россыпного месторождения. Разработана цифровая структурно-литологическая модель месторождения, отражающая структурные и вещественные (в том числе рудные) его характеристики. Продемонстрированы роль и возможности технологии цифрового структурно-литологического моделирования, обеспечивающего информационную основу для детальной разведки и эксплуатации месторождений, а также их прогнозирования.

*Ключевые слова:* россыпи, касситерит, редкометалльное оруденение, структурно-литологическое моделирование.

## MODERN INTERPRETATION OF THE PERGA CASSITERITE-COLUMBITE PLACER DEPOSIT GEOLOGICAL CONSTRUCTION

**L.S. Galetskiy<sup>1</sup>, D.P. Khrushchov<sup>2</sup>, O.O. Remezova<sup>3</sup>,  
O.V. Yaremenko<sup>1</sup>, O.A. Kravchenko<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: nataly.kiev@i.ua  
Doctor of geological and mineralogical sciences, professor, head of the department of mineral deposit geology.*

<sup>2</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: Khrushchov@hotmail.com  
Doctor of geological and mineralogical sciences, professor, senior research worker.*

<sup>3</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: titania2305@i.ua  
Doctor of geological sciences, senior research worker.*

<sup>4</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: olya\_\_89@ukr.net  
Graduate student.*

<sup>5</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: Ropyshka@ukr.net  
Mining engineer.*

© Л.С. Галецкий, Д.П. Хрущев, Е.А. Ремезова, О.В. Яременко, Е.А. Кравченко, 2016

Basing upon a revision of traditional notions considering recent stratigraphic, paleogeographic and lithological data, as well as results of digital structural-lithological modeling the modern interpretation of geological construction, ore characteristics and genesis for Purga cassiterite-columbite eluvial-placer deposit is presented. Digital structural-lithological model reflecting structural and matter (including ore) characteristics of the deposit was developed. The role and possibilities of digital structural-lithological modeling technologies intended for information support of deposits exploration and exploitation are demonstrated.

*Key words:* placers, cassiterite, rare metals, structural-lithological modeling.

## СУЧАСНЕ ТРАКТУВАННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ПЕРЖАНСЬКОГО КАСИТЕРИТ-КОЛУМБІТОВОГО РОДОВИЩА

Л.С. Галецький<sup>1</sup>, Д.П. Хрущов<sup>2</sup>, О.О. Ремезова<sup>3</sup>,  
О.В. Яременко<sup>4</sup>, О.А. Кравченко<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: nataly.kiev@i.ua  
Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідуючий відділу геології та корисних копалин.

<sup>2</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: Khrushchov@hotmail.com  
Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, старший науковий співробітник.

<sup>3</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: titania2305@i.ua  
Доктор геологічних наук, старший науковий співробітник.

<sup>4</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: olya\_\_89@ukr.net  
Аспірант.

<sup>5</sup> Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: Ropyshka@ukr.net  
Гірничий інженер I категорії.

На основі перегляду традиційних уявлень з урахуванням нових стратиграфічних, палеогеографічних та літологічних даних, а також результатів структурно-літологічного моделювання дано сучасне трактування геологічної будови, рудних характеристик та умов утворення Пержанського каситерит-колумбітового елювіально-розсипного родовища. Розроблено цифрову структурно-літологічну модель родовища, яка відображає структурні та речовинні (в тому числі рудні) його характеристики. Продемонстровано роль та можливості технології цифрового структурно-літологічного моделювання, що забезпечує інформаційну основу для детальної розвідки та експлуатації родовища, а також їх прогнозування.

*Ключові слова:* розсипи, каситерит, рідкіснометалеве зруденіння, структурно-літологічне моделювання.

### Введение

Актуальность работы определяется необходимостью развития минерально-сырьевой базы редкометалльных руд с целью обеспечения высокотехнологических отраслей промышленности Украины. Это, в свою очередь, связано с перспективой комплексной разработки месторождений кристаллического фундамента с корами выветривания и осадочного чехла (т.е. россыпей), что существенно повышает рентабельность их освоения. Пержанское касситерит-колумбитовое месторождение, как намеченный

объект, идентифицируется как экзогенное, охватывая кору выветривания кристаллического фундамента Украинского щита (УЩ) и образования осадочного чехла. Таким образом, это месторождение представляет собой типовой полигон для отработки методических подходов и технических решений по двум аспектам обращения с такими объектами: комплексной разработки, а также зонального и локального прогнозирования на перспективных площадях.

Целью данной работы является представление современной трактовки геологи-

ческого строения Пержанского касситерит-колумбитового месторождения на основе обобщения данных геологоразведочных работ, имеющихся интерпретационных материалов, а также результатов авторского цифрового структурно-литологического моделирования для обозначения целесообразности и направления его дальнейшего изучения и отработки методологии и методов прогнозирования месторождения данного геолого-генетического типа.

В связи с этой целью выполнены следующие задачи:

- Систематизированное обобщение имеющихся фактографических данных.

- Аналитическое синтезирование имеющихся геологических, стратиграфических, металлогенических, палеогеографических интерпретаций, разработка соответствующих авторских концепций и представление авторской аналоговой геолого-генетической модели месторождения.

- Разработка цифровой структурно-литологической модели (ЦСЛМ) объекта с отображением структурных и вещественных (в том числе рудных) характеристик.

- Выработка методологии и методики оценки и прогнозирования месторождений данного типа.

В качестве фактографической основы использованы данные геологоразведочных работ, начатых еще в 1953-1960 гг. (С.И. Гурвич, В.Ф. Лунько, Н.И. Рубан и др.) и продолженных в ходе изучения Пержанского месторождения бериллия, открытого в 1961 г. Л.С. Галецким и В.Ф. Лунько (материалы Житомирской ГРЭ), а также более поздние материалы той же экспедиции (2002 г. и др.) и, наконец, результаты минералого-петрографических и геохимических исследований, выполненных в КТЭ треста «Киевгеология» и отделе геологии полезных ископаемых Института геологических наук (ИГН) НАН Украины (Л.С. Галецкий).

Работа выполнена в рамках госбюджетных тем ИГН НАН Украины «Металогенія України», «Визначення та геолого-економічне обґрунтування пріоритетних родовищ рідкісних металів та рідкісноземельних елементів Українського щита для їх першочергового освоєння» і «Розробка цифрових структурно-літологічних моделей осадових

формацій» при финансовой поддержке Российско-Украинского фонда фундаментальных исследований «Цифровое структурно-литологическое и геолого-динамическое моделирование россыпных месторождений тяжелых минералов» (2012-2013 гг.).

Авторы выражают благодарность заведующему отдела палеонтологии и стратиграфии кайнозоя д-ру геол.-минерал. наук В.Ю. Зосимовичу за консультации по вопросам стратиграфии и палеогеографии палеогена УЩ.

## **1. Обзор изученности, методология и методы**

*Изученность месторождения.* Первые сведения о касситерит-колумбитовых россыпях Пержанской площади появились в 1953-1960 гг. в трудах С.И. Гурвича, В.Ф. Лунько, М.И. Рубана и др. Целевое изучение россыпей сопряжено с прогнозированием и выявлением Пержанского месторождения бериллия (Л.С. Галецкий, В.Ф. Лунько, 1961). Первичные геологические представления были получены по данным поискового бурения. Последующие характеристики приведены по геолого-поисковым и поисково-разведочным работам, результаты которых отражены в отчетах Житомирской экспедиции 70-х годов XX ст. (Р.А. Слыш, 1970; В.И. Язвинский, 1973) и 2002 г. Было установлено, что оловянно-редкометалльное оруденение имеет унаследованный характер, проходя от кор выветривания до осадочного чехла. Были определены основные геолого-промышленные параметры месторождения и даже проведен подсчет запасов. По содержаниям олова, тантала и ниобия, а также по предварительному подсчету запасов олова с точки зрения требований начала 2000-х годов месторождение квалифицировалось как не представляющее практический интерес [Гурський та ін., 2005 и др.]. По результатам геолого-экономической оценки комплексного освоения Пержанского рудного поля сделан вывод о целесообразности освоения россыпных месторождений единым ГОКом (Б.Л. Высоцкий, 2002).

В связи с возросшим спросом промышленности на олово в настоящее время проявляется интерес к освоению этих

россыпей. В опубликованной литературе пержанские россыпи наиболее полно описаны в работах Л.С. Галецкого (1968–2011), С.В. Нечаева и Д.С. Гурского (Металлические полезные ископаемые, 2005) и др.

*Методология и методы.* В основу выполнения работы положены обобщение и авторизованная интерпретация первичных фактографических данных (описаний керн, минералогических, петрографических и геохимических определений), а также стратиграфических, палеогеографических и металлогенических представлений с позиций формационного анализа, палеофациального анализа и современных стратиграфических, палеотектонических, палеогеографических и металлогенических построений.

Цифровое структурно-литологическое моделирование, как наиболее технологичный инструмент отображения структурных и вещественных (в том числе рудных) характеристик геологических объектов, осуществляется на основе методологических принципов и методических приемов, представлено в ряде публикаций авторов данной работы [Хрущев, Лобасов, 2006; Хрущев и др., 2010 и др.] с модифицированием применительно к металлогенической специализации, формационным, фациальным и другим особенностям объекта.

## **2. Современная трактовка геологического строения месторождения**

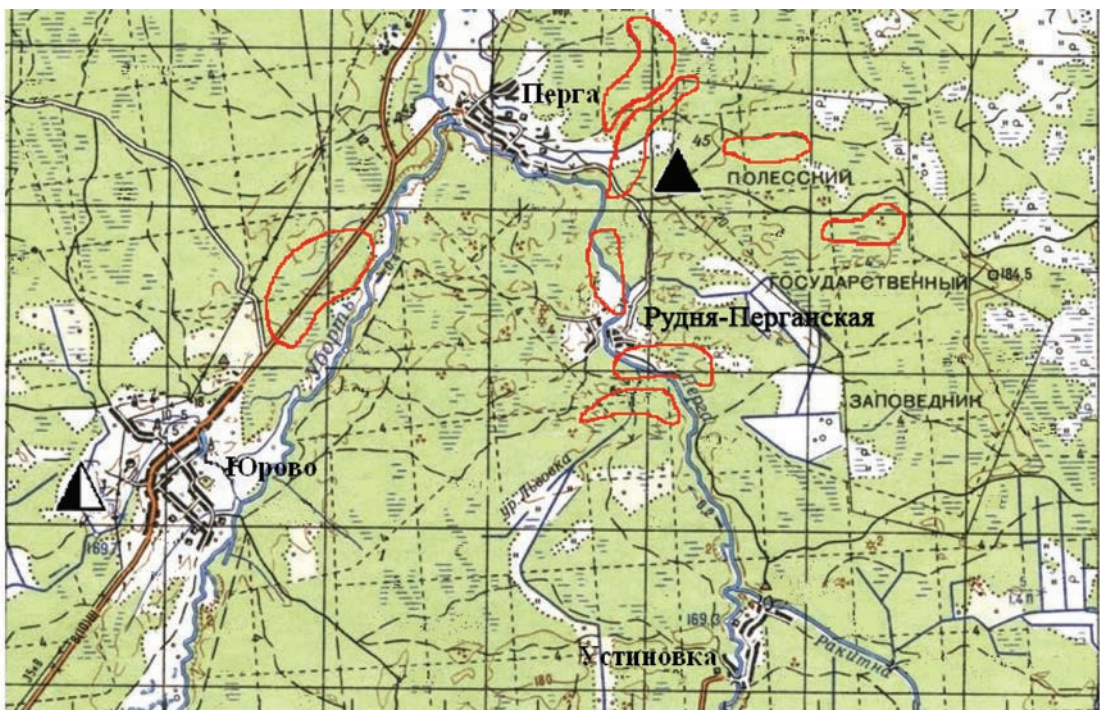
### **2.1. Тектоническая позиция, структурная, литостратиграфическая и металлогеническая характеристики**




В административном отношении Пержанская группа редкометалльных месторождений, включающая касситерит-колумбитовые россыпи, находится в Олевском районе Житомирской области, в 2 км к юго-востоку от с. Перга. С тектонической точки зрения площадь месторождения расположена в северо-западной части УЩ, в пределах Волынского блока и относится к Суцанско-Пержанской тектонической зоне. Здесь выделяется Пержанский тектонический «узел», представляющий собой пересечение ортогональных и диагональных разломов. В то же время Суцанско-Пержанская зона находится на границе «толстой» и «тонкой» земной коры, что определяет

здесь участие образований как корового, так и мантийного происхождения (калишпатовых метасоматитов, грейзенов, вторичных кварцитов, в том числе и дистеновых, рассланцованных и гнейсовых пород, метасоматически измененных пержанских гранитов и интрузивов основного состава [Бобров та ін., 2006]). Такой петрологический состав определил металлогеническую специализацию этого «узла»: Be, Li, TR, Sn, Zr, Ta, Nb, Zn, Mn, Ag и др. Пержанское месторождение бериллиевых руд локализуется в крупном блоке гранитов пержанского комплекса, включающего формации щелочных метасоматитов и субщелочных гранитов, апогранитов, изотопный возраст которых определяется в 1760–1730 млн лет [В.М. Скобелев, 1987]. В пределах площади этого блока сосредоточены и редкометалльные россыпи, частично выходящие за её контуры на северном, южном и западном флангах. Пержанское россыпное колумбит-касситеритовое месторождение охватывает восемь разобщенных россыпных тел, которые по современному геоморфологическому плану размещаются в бассейне нижнего течения р. Перга, в границах правой надпойменной террасы и пойменной части долины [Романюк, 2010 и др.]. Как видно на схематическом плане Пержанского рудного района (рис. 1), россыпи локализируются в пределах ареала развития рудоносных тел (месторождений, рудопроявлений) кристаллического фундамента с покрывающими их корами выветривания, что при ряде других признаков позволяет относить их к числу россыпей ближнего сноса.

В то же время в пространственном отношении оруденение россыпей (составляющих осадочный чехол) сопряжено с таковым в подстилающих корах выветривания, т.е. с точки зрения геологии рудных месторождений оба эти формационно различные подразделения могут объединяться в единый объект, как месторождение, на основании факта общей рудно-вещественной специализации Пержанского тектонического «узла» (см. выше).

Сводный литостратиграфический разрез образований, перекрывающих породы кристаллического фундамента, включает коры выветривания и осадочный чехол.



-  Юрьевское месторождение апатит-ильменитовых руд
-  Пержанское месторождение бериллиевых руд
-  контуры россыпей

**Рис. 1.** Обзорная карта расположения россыпей и других рудных месторождений Пержанского рудного района

**Fig. 1.** General map of Purga ore areal placers and other deposits location

Коры выветривания площадного типа, развитые по грейзенизованным и калишпатизованным породам, распространены ограничено на водораздельных участках. Коры выветривания на данной территории имеют мезозой-кайнозойский возраст (А.П. Глухов, 2008).

Осадочный чехол площади характеризуется следующим разрезом. В его основании локально встречаются переотложенные каолины, возраст которых не определялся; верхняя возрастная граница этого слоя предположительно может устанавливаться не моложе возраста непосредственно перекрывающих осадочных пород (см. ниже).

На литостратиграфическом уровне выше слоя переотложенных каолинов в контурах площади установлен в локальном развитии (вследствие размыва палеогеновыми трансгрессиями) маломощный (0,5–1,5 м, иногда больше) горизонт терригенных пород –

серых и светло-серых гравелистых песков с галькой кварца и обломками кристаллических, в нижней части каолинистых пород. Высказано предположение о мезозойском возрасте горизонта с верхней возрастной границей – начало палеогена [Романюк, 2010], основанное на внешнем литологическом сходстве с «продуктивными» континентальными отложениями позднеюрского–раннемелового возраста бассейнов рек Уж и Ирша. Происхождение пород горизонта – аллювиально-делювиальное.

Выше по разрезу залегают глинисто-песчаные сероцветные отложения, относимые большинством авторов к палеогену. Согласно А.П. Глухову (2008), пески, залегающие в основании разреза (нижний горизонт, по Л.С. Романюк), принадлежат к бучакскому региоярсу. Это кварцевые, иногда с примесью мелких зерен полевого шпата и чешуек слюды пески, серые,

темно-серые, разномзернистые, преимущественно мелкозернистые с прослоями грубозернистых, обломками кристаллических пород и кварца. В разрезах также встречаются глины монтмориллонитового состава, темно-серые, вязкие, местами углистые. По генезису эти отложения относятся к континентальным аллювиальным и озерно-болотным фациям. Именно они являются продуктивными.

Верхний горизонт сложен серовато-зелеными глауконитсодержащими суглинками и супесями, в основном безрудными. Ранее эти отложения описывались как харьковская серия (нерасчлененная). В настоящее время в пределах исследуемого района выделены ареалы распространения отложений, относимых к межигорскому региону (А.П. Глухов, 2008). По генезису они относятся к прибрежно-морским фациям регрессирующего бассейна.

Мощность «продуктивного слоя» оценивается от 2 до 2,8 м [Романюк, 2010]. Разрез осадочного чехла венчается четвертичными отложениями таких фациальных типов: флювиогляциального (среднезернистые светло-серые пески), аллювиально-делювиального (также существенно песчаные осадки серовато-белой окраски) и элювиально-делювиального (пески, суглинки, супеси, приуроченные к подножьям выходов кристаллических пород).

## 2.2. Геоморфологическая схема

Коры выветривания образуют останцы плащеобразных первоначальных покровов, ограниченные эрозионными формами мезозойского и более позднего времени.

Вышележащие толщи предположительно мезозойского и палеогенового литостатиграфических подразделений с геоморфологической точки зрения приурочены к различным элементам палеодолин (по некоторым авторам – «долинообразным понижениям»), мезозойского заложения – ответвлениям более низкого порядка, балок и т. д.

Преобладающее направление этих форм – северо-западное, подчиненное – юго-западное и др. На площади развития россыпей ширина их изменяется от 40-50 до 250-300 м, протяженность прослежена на 1,5-2,5 км. Уклон днищ ориентирован преимущественно

в юго-западном направлении и составляет 0,004-0,005. Крутизна склонов палеодолин изменяется от 0,08 до 0,2.

Отложения горизонта предположительно мезозойского возраста сохраняются в основном локально в днищах долинных форм, занимая наиболее ограниченные по площади структурные элементы осадочного чехла.

Образования палеогеновой системы выполняют долинные формы до определенных уровней осадконакопления и эрозии (залегают на абсолютных отметках от +150 до +165 м).

Четвертичные отложения образуют в целом почти сплошной покров. Флювиогляциальные отложения приурочены в основном к водоразделам, аллювиально-делювиальные – проявляются в долинах современной гидросети, формируя I-II террасы, склоновые и пойменные образования различных микрофаций.

Рельеф подошвы осадочного чехла в целом в определенной мере также является унаследованным от структурной поверхности кристаллического фундамента с отражением эрозионной деятельности и неотектонических процессов.

## 2.3. Металлогеническая характеристика

Выделяются два минерально-генетических типа оловосодержащих образований: колумбит-касситеритовый в собственно россыпных и касситерит-колумбитовый в корях выветривания [Гурський та ін., 2005]. Оба типа находятся в поле выветривания коренных оловоносных массивов и тел, с различной мерой пространственно-генетической связи с ними. В плане установлено восемь пространственно сближенных россыпей с запасами по категории С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> около 700 т при средней мощности пласта 2,1 м, «торфов» – 6,4 м. Запасы полезных минералов в «рудном пласте россыпей» оцениваются (т): касситерита – 549,1; колумбита – 45,3; циркона – 168,2. Среднее содержание в «песках» (г/м<sup>3</sup>): касситерита – 347; колумбита – 38; циркона – 100. В отдельных пробах содержание их соответственно достигает (г/м<sup>3</sup>): 1000-350, 428-505 и 500. В незначительном количестве отмечены рутил, вольфрамит, монацит, бастнезит,

ксенотим, пирит, марказит, сфалерит, галенит, гранаты и др.

Приводятся минералогические описания касситерита, колумбита и других рудных минералов россыпей [Романюк 2010 и др.], свидетельствующие о соответствии типоморфным особенностям этих минералов обоих минерально-генетических типов – собственно россыпного и элювиального.

Генетические концепции существующих публикаций сводятся в основном к общей характеристике палеогеографических и палеогеоморфологических условий россыпеобразования.

### **3. Цифровая структурно-литологическая модель**

#### **3.1. Фактографическая основа модели**

Фактографической основой ЦСЛМ являются разрезы 211 скважин, пробуренных по сетке 200×20 и 100×20 м. Для компьютерной обработки при построении ЦСЛМ подготавливались матрицы в табличной форме, содержащие расчленение разрезов скважин по абсолютным отметкам поверхностей разделов структурно-вещественных элементов различных иерархических рангов. В качестве таких элементов (объектов расчленения) установлены: 1 – формационные этажи; 2 – литофации; 3 – градации содержания рудного материала (касситерита).

Рассмотрим их последовательно.

В разрезе объекта установлено пять структурно-формационных этажей, нижний из которых – кристаллический фундамент – в моделирование не вовлекался, учитывая в общих металлогенических построениях как первичный источник россыпеобразующего материала (РОМ). В моделирование включены четыре этажа: кора выветривания, этажи осадочного чехла; мезозойские (предположительно позднеюрского-раннемелового возраста) и палеогеновые образования; четвертичные отложения.

Выделение этих структурно-формационных этажей обусловлено тем, что они отражают различные структурные планы, характеризующие принципиально отличающиеся фациальные, гидродинамические, литодинамические и иные условия, определяющие как вещественный состав и интенсивность, так и характер распределения

рудного материала. Выделено восемь литофациальных типов и градаций содержания касситерита.

*Описание цифровой структурно-литологической модели.* Получены производные ЦСЛМ двух направлений: структурного и вещественного.

Ниже комментируются производные структурного моделирования. Карта подошвы осадочного чехла (т.е. поверхности коры выветривания и кристаллического фундамента) отображает в основном рельеф пенеплена, установившийся к послетриасовому времени, с фрагментами палеодолин мезозойского заложения (рис. 2).

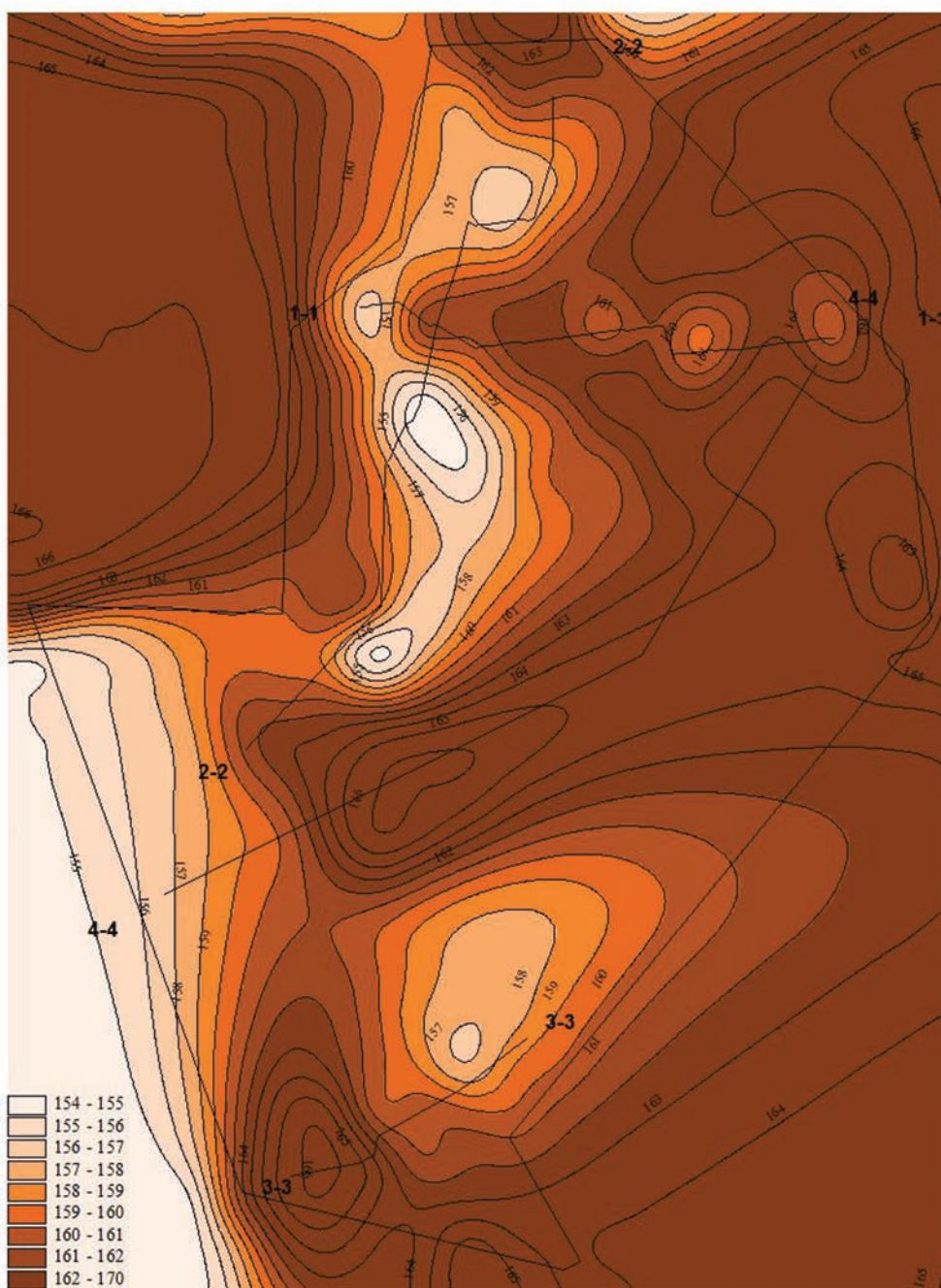
Карта гипсометрии подошвы антропогена демонстрирует несовпадение структурных планов послетриасового и начала четвертичного времени. В северной половине моделируемой площади и в крайней южной ее части наблюдаются зоны контрастирующих депрессионных и приподнятых участков, характеризующие системы взаимодействия локальных эрозионных и аккумулятивных процессов.

Карта мощностей четвертичных отложений показывает некоторую коррелятивность с гипсометрическими характеристиками предчетвертичной поверхности. Карта мощности палеогеновых отложений демонстрирует невысокую корреляционную зависимость с рельефом подошвы осадочного чехла, что указывает на существенную роль конседиментационных изменений рельефа седиментационного бассейна.

Особенности структуры осадочного чехла площади иллюстрируются также сериями производных профилей различного содержания.

Производные вещественного направления отображают литофациальные и рудные характеристики объекта, представлены сериями карт и профилей.

Литофациальные характеристики россыпи приводятся главным образом по рудовмещающей толще (в соответствии с наличием описаний керна). Эти характеристики иллюстрируются тремя группами производных модели: плановыми отображениями, профилями и расчетами корреляционных зависимостей.



**Рис. 2.** Карта гипсометрии поверхности коры выветривания

**Fig. 2.** The map of gypsometry for crust of weathering surface

Образования кор выветривания в данной версии модели не расчленяются и условно представлены как толща каолинов.

В основании разреза осадочного чехла локально прослеживаются маломощные отложения мезозойского структурного этажа (в легенде обозначены как терригенные псефитово-псаммитового состава), кото-

рые устанавливаются в депрессионных участках коры выветривания, т.е. домезозойского рельефа – в южной части площади (профиль 3-3) и северо-западной ее части (профиль 1-1).

Палеогеновая часть разреза в целом представлена преимущественно мелкозернистыми песками с подчиненными пластами



и линзами (по убывающей роли): песков крупнозернистых, среднезернистых, переложенных каолинов и глин. На картографических производных отображаются основные закономерности распределения литофаций в разрезе и по площади.

*Характеристика оруденения* иллюстрируется пятью группами производных модели: 1) картами мощности рудных тел и распределения касситерита (в корях выветривания и дочетвертичных отложениях осадочного чехла); 2) профилями распределения содержаний касситерита в выделенной рудной толще (по градациям усредненных средневзвешенных содержаний); 3) расчетами распределений касситерита по литофациям; 4) расчетами корреляционной зависимости содержаний касситерита от рельефа подошвы осадочного чехла и мощности рудных тел в палеогене и корях выветривания; 5) приближенного подсчета запасов (ресурсов) по тем же двум структурным этажам (палеогеновому и корам выветривания) в пределах всей россыпи.

Рассмотрение касситеритового оруденения как единого рудного тела, включающего две формационные части – коры выветривания и образования осадочного чехла, иллюстрируется картой мощностей. Согласно этой карте оруденение образует почти сплошное горизонтальное тело мощностью от 1-2 до 8-10 м (измерения приводятся соответственно по профилям и по карте, первые предоставляют более достоверные данные). Поле максимальной мощности (до 10 м) находится в южной части моделируемого полигона, второе поле (8-10 м) – в центральной части и третье (до 8 м) – на северо-востоке (рис. 3, а).

Карта мощностей рудного тела в палеогеновой части разреза существенно коррелируется с предыдущей картой.

Мощность рудного тела в коре выветривания является вскрытой и представлена на профилях; визуализация в плановых отображениях сочтена за неинформативную и не демонстрируется.

Пространственное распределение рудного материала рассматривается в двух аспектах – площадном и по разрезу.

Площадное распределение касситерита представлено тремя объектными картами:

объединенной (по всей рудной толще), по корам выветривания и по дочетвертичной части осадочного чехла (в легенде обозначенной как палеоген).

Карта, объединяющая оруденения кор выветривания и дочетвертичной части осадочного чехла, по сути, отражает наличие двух совершенно разноплановых типов распределения рудного материала, при котором зоны максимальных содержаний (совмещенных) имеют незакономерный характер.

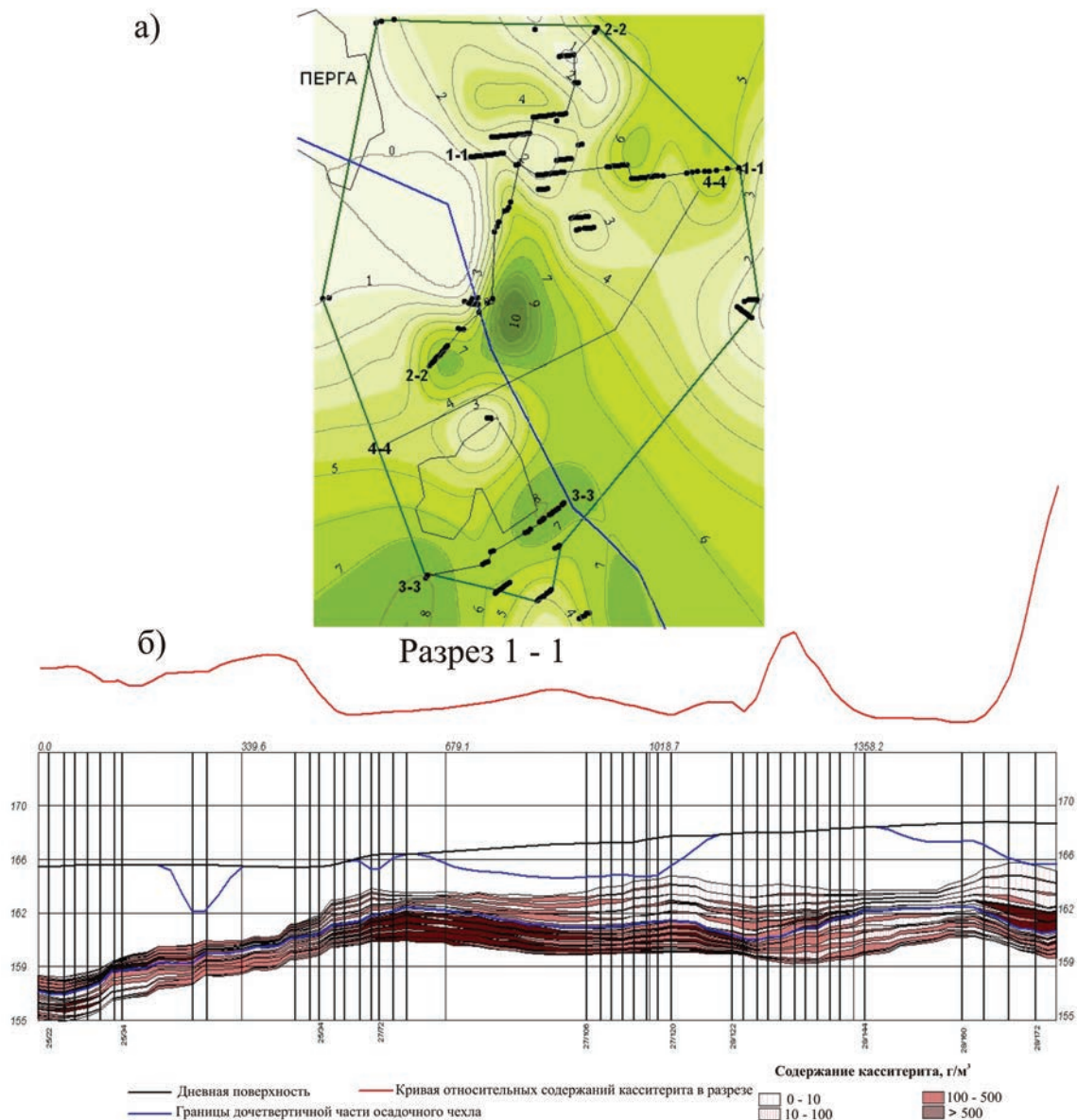
Карты распределения в корях выветривания и дочетвертичной части осадочного чехла представляют разноплановые типы распределения (см. выше).

Карта распределения рудного материала в корях выветривания показывает четыре вытянутые зоны повышенных содержаний: вдоль западной, северо-западной, восточной и юго-восточной границ моделируемого полигона, а также зона в центральной части северной его половины (рис. 4, а). Последняя зона, а также северный сектор западной зоны включают пятна максимальных содержаний ( $>500 \text{ г/м}^3$ ).

Карта распределения рудного материала в отложениях дочетвертичной части осадочного чехла демонстрирует наличие двух протяженных зон максимальных концентраций ( $>500 \text{ г/м}^3$ ) вдоль западной и северо-восточной границ полигона и мелкой субконцентрической зоны вблизи южной границы, а также нескольких зон повышения концентраций (300-500  $\text{г/м}^3$ ) в центральной, северной, южной частях и вдоль юго-восточной границы (рис. 4, б). Приводится также современная карта контуров рудных тел кор выветривания и дочетвертичной части осадочного чехла с содержанием касситерита более 392  $\text{г/м}^3$ .

Распределение рудного материала по разрезу прослежено по профилям (рис. 3, б). С морфологической точки зрения в пределах «продуктивного горизонта», т.е. общего рудного тела, рудные тела подчиненных рангов, устанавливаемые по приведенным выше градациям, образуют линзовидные пласты и линзы различной конфигурации и протяженности.

Распределение рудного материала по литофациям характеризуется расчетными статическими зависимостями (здесь не



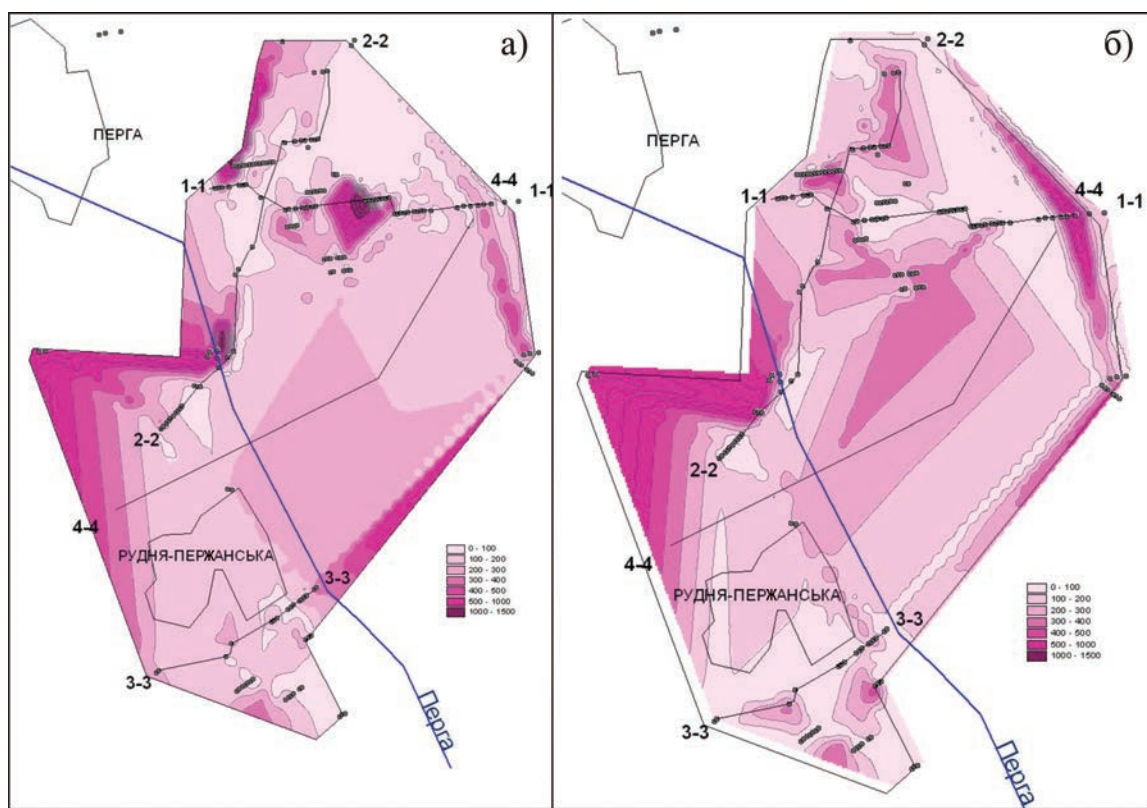
**Рис. 3.** Характеристики рудного тела: а – карта мощности рудного тела; б – распределение касситерита ( $\text{г}/\text{м}^3$ ) в дочетвертичной части осадочного чехла (профиль 1 – 1)

**Fig. 3.** Characteristics of the ore body: а – the maps of the ore body thickness; б – distribution of cassiterite ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) in prequaternary part of sedimentary cover (section 1 – 1)

приводятся); максимальные содержания приурочены к мелкозернистым пескам, в меньшей мере – крупнозернистым. Сравнительно высокие содержания отмечаются для вторичных каолинов, что поясняется фактором очередности унаследования.

Зависимость распределения рудного материала от рельефа подошвы осадочного чехла проявляется достаточно четко и имеет обратный характер для дочетвертич-

ной части осадочного чехла и кор выветривания. Повышенные средние концентрации в породах осадочного чехла явно приурочены к депрессионным участкам поверхности кор выветривания (седиментационным ловушкам), для кор выветривания отмечается обратная зависимость – связь с положительными формами этого же рельефа. Последняя объясняется лучшей сохранностью кор на этих участках.



**Рис. 4.** Карты распределения средневзвешенных содержаний касситерита ( $\text{г}/\text{м}^3$ ): а – в коре выветривания, б – в дочетвертичных образованиях осадочного чехла

**Fig. 4.** The map of average cassiterite contents ( $\text{g}/\text{m}^3$ ): а – in crust of weathering, б – in prequarternary rocks of sedimentary cover

Антагонизм схем распределения рудного материала подчеркивается также графиками распределения касситерита в профилях.

Корреляционный анализ, проведенный по трем группам структурных и рудных параметров объекта: рельеф поверхности коры выветривания, мощность рудного тела и средневзвешенного на мощность интервала содержания касситерита (для кор выветривания и дочетвертичной части осадочного чехла), показывает следующее. Мощность дочетвертичной части осадочного чехла характеризуется отрицательной корреляционной связью с повышением поверхности кор выветривания ( $r = -0,18$ ). Как правило, повышенные участки подвергались эрозии и материал сносился с поднятий в депрессии. В то же время мощность рудной толщи в коре выветривания находится в прямой зависимости от повышений поверхности кор вы-

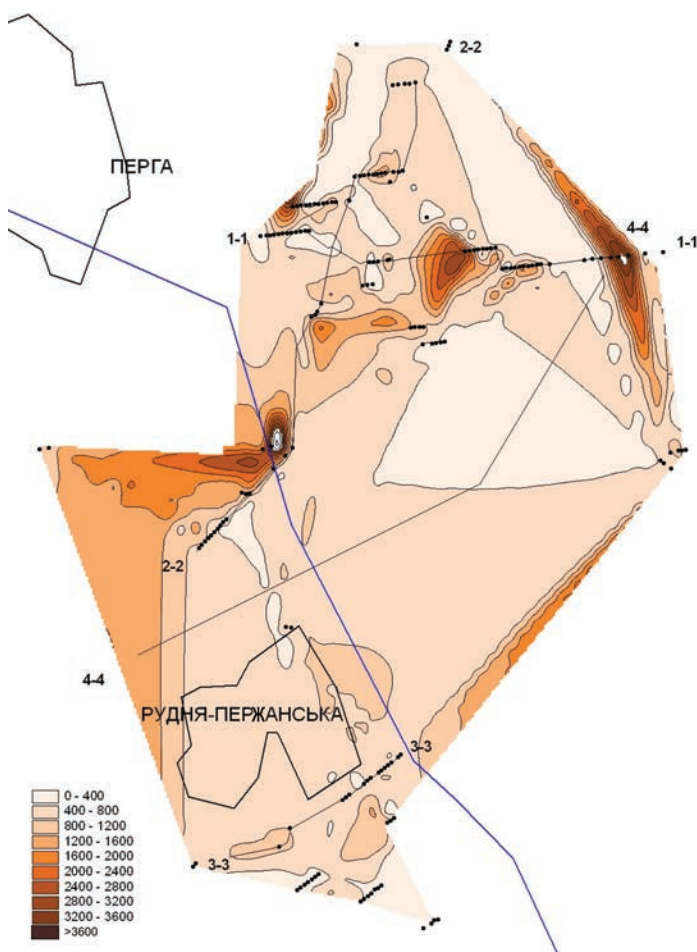
ветривания ( $r = 0,2$ ). Это означает, что раздувы мощностей рудного тела в указанной части осадочного чехла связаны с депрессионными участками рельефа, а в самих корах выветривания – с выступами в рельефе.

В связях «содержание касситерита – уровень поверхности кор выветривания» коэффициенты корреляции для рудных тел обеих частей рудного тела составляют  $-1,868$  для кор выветривания и  $0,14$  для дочетвертичных образований осадочного чехла. Отрицательная корреляция показывает, что на выступах понижается содержание касситерита, что может быть объяснено вымыванием частиц касситерита подземными водами трещиноватой зоны на склоны.

Таким образом, наиболее богатые руды и максимальные запасы сосредоточены в корах выветривания на выступах их рельефа, а в осадочной части рудного тела – в депрессионных зонах.

Сделан автоматический подсчет запасов касситерита по трем градациям содержаний; полученные результаты превышают значения запасов, подсчитанных традиционным методом. Абсолютные величины запасов в корах выветривания и дочетвертичных отложений рудного тела весьма близки, при незначительном (20-22%) превышении в корах, что находится в пределах геологической погрешности.

Получена карта площадного распределения общих удельных запасов по рудному телу в пределах моделируемого полигона (рис. 5). Выделяются четыре зоны максимальных (градации выше 1200 г/м<sup>3</sup>) удельных запасов: одна протяженная вдоль северо-восточной границы полигона и три субконцентрической форм у западной, северо-западной границ и в центре северного сектора полигона.



**Рис. 5.** Карта общих удельных запасов касситерита (г/м<sup>2</sup>)  
**Fig. 5.** The map of cassiterite total specific resources (g/m<sup>2</sup>)

Имеются, кроме того, карты удельных запасов по корам выветривания и дочетвертичным отложениям с отображением распределения тех же градаций.

#### 4. Условия образования россыпей

Первичной средой экзогенного обогащения рудным материалом служили коры выветривания оловоносных пород кристаллического фундамента – гранитов, метасоматитов, грейзенов Пержанского рудного узла. В ходе формирования кор выветривания происходила переработка материала металлоносных пород с первичным обогащением устойчивых в гипергенных условиях рудных минералов, в том числе касситерита, колумбита, циркона и др. На этом этапе уже совершается начальная стратификация оруденения, заключающаяся в концентрации рудного материала в верхних горизонтах кор выветривания, которые подвергались максимальной гипергенной переработке. Именно этим объясняется приуроченность интенсивного оруденения к выступам рельефа кор выветривания. В дальнейшем эти коры подвергались эрозионному размыву.

Этап осадочной переработки РОМ кор выветривания начался с середины мезозоя. Он обозначался развитием эрозии кор выветривания (позднеюрское-раннемеловое время). На этом этапе в условиях континентального режима отлагались терригенные осадки, которые формировались вследствие размыва металлоносных кор выветривания как россыпеобразующих формаций и, очевидно, были существенно рудоносными: останцы мезозойских пород в днищах палеодолин характеризуются как «наиболее обогащенные касситеритом и другими редкометалльными минералами ... с содержаниями касситерита от 600 до 1000 г/м<sup>3</sup>» [Романюк, 2010, с. 340]. Однако рудный потенциал этих образований охарактеризован недостаточно. Указанные типы пород

псефито-псаммитового состава («гравелито-щебнистые пески») характеризуют высокодинамичные водные потоки, т.е. деятельность молодых рек начала седиментационного тектонического цикла.

С начала палеогена после стратиграфического перерыва началась последующая стадия седиментационно-тектонической эволюции, выразившаяся в образовании горизонта (по Л.С. Романюк – «нижнего слоя») разнозернистых светлоокрашенных песков, который по литологическим признакам может коррелироваться с отложениями бучакского надрегиояруса (и одноименной свиты), генетически диагностируемыми как континентальные. Согласно Л.С. Романюк, этот горизонт идентифицируется как «продуктивный». Образование горизонта происходило в границах денудационно-аккумулятивной равнины с умеренно расчлененным рельефом, постепенно трансформировавшейся в низменную аллювиально-болотную равнину. Водные потоки характеризовались умеренными гидродинамическими параметрами. Такие параметры были благоприятными для осаждения тяжелых минералов [Лаверов и др., 2014], что и определило образование залежей в аллювиальной макрофации.

Наиболее интенсивное осаждение рудного материала происходило в пределах палеодолин, которые соответствовали депрессионным участкам кор выветривания, причем максимальная локализация тяжелых минералов происходила по склоновым частям палеодолин, т.е. в их пойменных микрофациях. Источником сноса РОМ были выступы рельефа подошвы осадочного чехла, сложенные металлоносными корами выветривания.

Последующий этап эволюции седиментационного бассейна, в течение которого образовался так называемый верхний горизонт («слой»), характеризовался прибрежно-морскими условиями. Об этом свидетельствуют минеральный состав россыпей, сочетания литонаборов и их морфология, устанавливаемые по литофациальным производным ЦСЛМ, а также данные современных палеогеографических построений (Ю.А. Кошик, В.М. Тимофеев, 1980) [Ремезова, 1997]. Таким образом, эта часть разреза образо-

валась в условиях морской абразионно-аккумулятивной равнины со слабым расчленением рельефа.

Осаждение рудного материала на этом этапе эволюции бассейна происходило в соответствии с общепринятыми схемами морского россыпеобразования [Лаверов и др., 2014]. В условиях трансгрессии морского бассейна ранее отложенные россыпи частично перемывались, а при отступлении моря они были погребены под толщей прибрежно-морских осадков. Могут рассматриваться два преобладающих источника сноса РОМ: выступы металлоносных кор выветривания и промежуточные коллекторы, т.е. рудоносные отложения подстилающего «нижнего слоя» (отложений предположительно бучакского возраста).

Процесс стратиграфически сквозного россыпеобразования происходил и в четвертичное время за счет переработки главным образом палеогеновых рудоносных толщ, однако масштаб оруденения незначителен.

### **Заключение**

В представленной публикации дана современная трактовка геологического строения, рудных характеристик и условий образования Пержанского касситерит-колумбитового месторождения на основе пересмотра традиционных представлений с учетом новейших стратиграфических, палеогеографических и литологических данных. Полученные результаты представляют собой новый подход для исследования и оценки объектов данного типа, а также прогнозирования залежей в перспективных формациях кристаллического фундамента, их корях выветривания и осадочного чехла.

Продемонстрирована роль и возможности технологии цифрового структурно-литологического моделирования, обеспечивающей не только аналитико-информационную основу для разведки и эксплуатации россыпных месторождений, но и их прогнозирования, а также прогнозирования месторождений в россыпеобразующих формациях, и, наконец, для решения теоретических вопросов функционирования вещественно-динамической системы «коренной источник – коры выветривания – промежуточные коллекторы – россыпь».

## Список литературы / References

1. Атлас палеогеографічних карт Української і Молдавської РСР (з елементами літофацій) М-1:2 500 000: відп. ред. акад. АН УРСР В.Г. Бондарчук та ін. – Київ: Вид-во АН УРСР, 1960. – 82 с.  
*An Atlas of paleogeographical maps of the Ukrainian and Moldavian SSR (with elements of lithofacies). Scale 1:2 500 000. (Editor-in-Chief Academician V.G. Bondarchuk). Kyiv: Vydavnytstvo AN USSR, 1960, 82 p. (in Ukrainian).*
2. Бобров О.Б. Формацийний аналіз нижньо-докембрійських комплексів Українського щита при проведенні геологозйомочних робіт (теоретико-практичні аспекти) / Бобров О.Б., Лисак А.М., Свешніков К.І. та ін. – Київ: УкрДГПІ, 2006. – 164 с.  
*Bobrov O.B., Lusak A.M., Sveshnikov K.I., Sivoronov A.O., Paranko I.S., 2006. The formation analysis of the low Pre-Cambrian complexes of the Ukrainian shield on the conducting of the geological surveying works (theoretical and practical aspects). Kyiv, 164 p. (in Ukrainian).*
3. Галецкий Л.С. Комплексная оценка и освоение Пержанского месторождения редких металлов / Галецкий Л.С., Романюк Л.С. // Экологична безпека техногенно-перевантажених регіонів та раціональне використання надр: наук.-практ. конф. 4-8 черв. 2007 р., Коктебель, АР Крим. – Київ: НПЦ «Екологія Наука Техніка», 2007. – С. 66-68.  
*Galetskiy L.S., Romanyuk L.S., 2007. The complex estimation and development of the Perha rare metal deposit. Ecological safety of technogenic-loaded regions and rational usage of the Earth's bowels. Scientific-practical conference (June 4-8, 2007, Koktebel, AR of Crimea). Kyiv: SPC "Ecology. Science. Technics", p.66-68 (in Ukrainian).*
4. Гурський Д.С. Металічні та неметалічні корисні копалини України. Т. 1. Металічні корисні копалини // Д.С. Гурський, К.Ю. Єсипчук, В.І. Калінін та ін. – Київ; Львів: Центр Європи, 2005. – 785 с.  
*Gursky D.S., Yesypchuk K.Yu., Kalinin V.I., Kulish Ye.O., Nechayev S.V., Tretyakov Yu.I., Shumlyanski V.O., 2005. Mineral deposits of Ukraine. Vol. I. Metalliferous mineral deposits. Kyiv; Lviv: Tsentre Evropy, 785 p. (in Ukrainian).*
5. Лаверов Н.П. Цифровое структурно-литологическое геолого-динамическое моделирование месторождений тяжелых минералов / Н.П. Лаверов, П.Ф. Гожик, Д.П. Хрущев и др. – Киев; Москва, 2014. – 236 с.  
*Laverov N.P., Gozhyk P.F., Khrushchev D.P., Lalotnov A.V., Lobasov O.P., Chijova I.A., Kovalchuk M.S., Remezova O.O., Chefranov R.M., Bochneva A.A., Vasylenko S.P., Kravchenko O.A., Sivalneva T.V., Kroshko Yu.V., 2014. Digital structural-lithological geological-dynamic modelling of the heavy minerals deposits. Kiev; Moscow, 236 p. (in Russian).*
6. Ремезова О.О. Історія розвитку рельєфу Овруцького кряжу та його обрамлення в мезозой – кайнозой: автореф. дис. .... канд. геогр. наук. – Київ, 1997. – 24 с.  
*Remezova O.O., 1997. The history of the development of the relief of Ovruch ridge and its framing in Mesozoic – Cenozoic. The thesis ... cand. of geographical sciences. Kyiv, 24 p. (in Ukrainian).*
7. Романюк Л.С. Особливості формування та мінерального складу Пержанських каситерит-колумбітових розсипів / Л.С. Романюк // Зб. наук. пр. ІГН НАН України. – 2010. – Вип. 3. – С. 338-342.  
*Romanyuk L.S., 2010. The peculiarities of the formation and mineralogical composition of the Perha cassiterite- columbite placers. Collection of the scientific works of the IGS of NAS of Ukraine. iss. 3, p. 338-342. (in Ukrainian).*
8. Скобелев В.М. Петрохимия и геохронология докембрійських образований Северо-Запада Украинского щита / В.М. Скобелев. – Киев: Наук. думка, 1987. – 140 с.  
*Skobelev V.M., 1987. Petrochemistry and geochronology of the Pre-Cambrian bodies of the North-West of the Ukrainian shield. Kiev: Naukova Dumka, 140 p. (in Russian).*
9. Хрущев Д.П. Структурно-литологические модели перспективных осадочных формаций / Д.П. Хрущев, А.П. Лобасов, М.В. Гейченко и др. // Мінер. ресурси України. – 2010. – № 4. – С. 39-44.  
*Khrushhev D.P., Lobasov A.P., Gejchenko M.V., Kovalchuk M.S., Remezova E.A., Bosevskaya L.P., Kyrpach Yu.V., Stepanyuk A.V., 2010. The structural-lithological model promising sedimentary formatsiy. Mineralni resursy Ukrainy, № 4, p. 39-44. (in Russian).*
10. Хрущев Д.П., Лобасов А.П. Принципы разработки цифровых структурно-литологических моделей осадочных формационных подразделений / Д.П. Хрущев, А.П. Лобасов // Геол. журн. – 2006. – № 2-3 (316). – С. 87-99.  
*Khrushchev D.P., Lobasov A.P., 2006. The principles of the elaboration digital structural-lithological models of the sedimentary formations. Geologichnyy zhurnal, No. 2-3 (316), p. 87-99. (in Russian).*

Статья поступила  
24.02.2016