

УДК 553. 495 (477.5)

Л. Галецкий, д-р геол.-минерал. наук,  
Е. Ремезова, канд. геол. наук

## МЕТАЛЛОГЕНИЯ ТИТАНА УКРАИНЫ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.В. Митрохіним)

*В статье рассмотрены факторы и условия рудоконцентрации месторождений титана различного генезиса. Выявлены закономерности формирования генетического ряда месторождений от коренных до рассыпных. Проведена типизация месторождений, связанных с расслоенными титаноносными интрузиями габбро и намечены перспективы их освоения*

*The ore-concentration factors and conditions of titanium deposits of a different genesis are considered in the article. The conformities to the natural law of genetic row of deposits forming from primary to placer are exposed. A typification of deposits connected with layered titanium-bearing intrusions of gabbro is conducted and the prospects of their development are outlined*

Украина обладает мощной промышленной базой титана. Уровень потенциальных ресурсов титана и мощностей производства ильменитовых концентратов Украины в настоящее время оценивается в 20 % от мирового баланса. Минерально-сыревая база титана в Советском Союзе формировалась в Украине, которая полностью удовлетворяла потребности страны в титановых концентратах. В бывшем Союзе доля Украины в производстве ильменитовых концентратов составляла 90 %. В настоящее время доля Украины в мировом экспорте титановых концентратов составляет 11 %, в экспорте титана 6 %. Разведанные запасы здесь составляют 40,5 % общих запасов стран СНГ. Коренные месторождения составляют 53,6 % всех запасов месторождений титановых руд Украины [1].

Содержание  $TiO_2$  в коренных рудах месторождений Украины разное: от 4–5 % в бедных разновидностях руд, до 34,2 % в массивных рудах. Ильменит в этих рудах неизмененный, это высококачественное сырье, как для производства пигментов, так и для металлургии. Для потребностей металлургии может применяться также титаномагнетитовый концентрат, который, вероятно, будет добываться из некоторых месторождений (Крапивенковское, Давидковское, Володарское).

В настоящее время, когда в мировой титановой промышленности снова наметился рост цен на титановые концентраты, возникла необходимость дальнейшего развития собственной сырьевой базы титана Украины с целью обеспечения ввода новых объектов. В работах [2, 3, 4] рассмотрена рудно-геохимическая специализация габброидных пород анортозит-рапаки-

вигранитных plutонов, отмечены условия образования коренных титановых руд и приуроченность наиболее богатых концентраций титановых минералов к оливиновым разностям габбро. Уникальность упомянутых выше plutонов как рудоносных массивов с фосфоритановой минерализацией и их минералогопетрологические особенности отмечены в работе [5]. Геологические особенности и масштаб оруденения, типы месторождений металлогенические эпохи и провинции в пределах бывшего СССР, в т.ч. и для Украины рассмотрены в [6,7]. Наиболее детально металлогенез титана проанализирована в [8, 9]. Однако во всех этих работах не выявлены закономерности рудоконцентрации для коренных месторождений титана, приуроченных к расслоенным интрузиям и не прослежен генетический ряд: коренное месторождение-остаточное-рассыпь. Изучение этих закономерностей представляется важным, поскольку в современных экономических условиях следует отдать предпочтение комплексной отработке месторождений и осваивать их группами.

Проблемы металлогенеза титана в связи с этим, являются важными, поскольку дают возможность оценить перспективы обнаружения новых титаноносных объектов, условия и особенности рудоконцентрации в них, взаимосвязи коренных источников и рассыпных месторождений.

Минерально-ресурсная база титана Украины представлена различными по масштабу оруденения и генезису месторождениями, которые находятся на разных стадиях геологического изучения. Основу сырьевой

базы титана Украины составляют месторождения трех геолого-промышленных типов [10]:

1. Коренные магматические месторождения комплексных апатит-ильменитовых руд в габбро-норитах.
2. Экзогенные (остаточные) месторождения кор выветривания основных титаносодержащих пород.
3. Ильменитовые и комплексные рутил-ильменит-цирконовые россыпи.

Наиболее крупными магматогенными месторождениями являются Стремигородское и Федоровское, приуроченные к Коростенскому plutону. Они представлены расслоенными интрузиями габброидов, в которых выделяется до 10–12 слоев пород [11].

Весьма необычной особенностью всех рассмотренных рудоносных массивов является расположение горизонта наиболее основных пород в их центральных частях, как правило, выше нижнего (внешнего) мезолейкократового горизонта. Представление о разновременном поступлении нескольких, по крайней мере, двух порций магм, несмотря на кажущуюся простоту и логичность, противоречит имеющимся геологическим материалам. В этом отношении, альтернатива – в поступлении единой порции расплава, с последующей его раскристаллизацией и образованием расслоенности, выглядит значительно более правдоподобной. Такой вывод требует признания более поздней консолидации центрального в разрезе меланократового горизонта, средний состав которого приближается к ультраосновному, что не отличается от традиционных взглядов о направленности кристаллизации.

Существуют два механизма образования меланократовых слоев в составе расслоенных титаноносных интрузий.

1. Возрастание основности в последовательно формирующейся серии пород возможно вследствие смещения ликвидусных котектических линий системы, при поступлении в неё поливалентных кислотообразующих катионов. Такая добавка должна способствовать возрастанию доли мостишного кислорода в расплаве, а как следствие, полимеризации и укреплению силикатных каркасобразующих комплексов, активность которых при этом возрастает. В процессе возрастания активности силикатных полимерных комплексов, поддержание равновесия кристалл-расплав требует уменьшения содержания этих комплексов в расплаве (уменьшения доли мостишного кислорода), и состав расплава должен сместиться в область обеднения силикатными каркасобразующими ионами. По этой причине, после кристаллизации каркасных минералов (полевых шпатов, кварца) – наиболее кислых, расширяется. И котектики между полями более кислых и более основных фаз системы смещаются в сторону последних. Если добавление поливалентного кислотного компонента в расплав происходит постепенно, при фракционировании расплава, то и продукты кристаллизации, протекающей в процессе такого смещения, будут всё более основными. Для объектов, содержащим апатит-ильменитовые руды, в качестве поливалентного кислотного компонента, естественно рассматривать фосфор – ионы  $[PO_4]^{3-}$ .

2. Гравитационная сортировка кристаллизующихся минеральных зёрен, в условиях высокой плотности расплава, достаточно высокой для всплыивания зёрен плагиоклаза. Тогда, на дно магматической камеры на момент кристаллизации будут оседать тяжёлые оливины и пироксены. Основная масса плагиоклаза должна всплывать в верхнюю часть магматической камеры, с образованием здесь зоны флотационных кумулаторов.

Для выяснения условий рудоконцентрации обработаны геологические и петрохимические данные по коренным месторождениям и проявлениям апатит-ильменитовых руд в расслоенных рудоносных массивах коростенского комплекса Украинского щита (УЩ). В результате статистической переинтерпретации выделено два типа коренных месторождений (Стремигород-Давидки и Федоровка-Крапивенка). Предложено соответственно две модели их происхождения, строения, особенностей химизма, которыми определяются направления и стратегия поисковых работ на Коростенском и Корсунь-Новомиргородском plutонах УЩ. Эти модели сводятся к вышеописанным: тип Федоровского месторождения и Стремигородского [12].

Своеобразный тип титаноносных массивов представляет Юровский массив. На начальном этапе (рис. 1) он представлял собой лополит, отдельные зоны которого наблюдаются ныне на западе тела (меланократовые породы) и востоке (лейкократовая безрудная толща). Такая асимметрия возникла в результате действия перемещений по тектоническим блокам в зоне Рудня-Хочинского разлома и эрозии, которая вывела на поверхность эти пачки.

В процессе становления Юровского массива проявилась кислотно-основная тенденция. Возрастание концентрации фосфора в расплаве должно привести к смещению равновесия силикатных полимерных комплексов и основ, причем таким образом, что состав расплава и продукты его кристаллизации будут становиться все более основными, что было показано для нескольких массивов Коростенского plutона [12]. Фосфор содержался не только в самой магме, но и мог поступать вначале пневматолитово-гидротермальной стадии из глубинных флюидов. В породах массиву выявлено две генерации апатита, причем одна из них образовалась за счет насыщения флюидами. Для этого же массива характерна и сульфидная минерализация. Сульфидные минералы (пирротин, пирит, пентландит, халькопирит) образуют отдельные рассеянные кристаллы, сростки с ильменитом, т.е. образовались одновременно с последним. Бедность сульфидного оруденения обусловлена сложными тектоническими процессами в Сущано-Пержанской зоне, которые не образовывали ловушек для задержки магмы и ее дополнительной дифференциации, не способствовали увеличению фугитивности кислорода, т.е. условий образования богатых сульфидных руд, подобных норильским. В то же время тектонические процессы способствовали перераспределению титанового оруденения: наибольшие концентрации ильменита наблюдаются в более пологой центральной части массива, а на его краях, где падение расслоенности максимальное – они меньше.

По разработанной в ИГН методике выполнен пересчет химических анализов основных пород (титаномагнетит-апатит-ильменитовых, ульвошпинель-содержащих) на нормы. Предложены и применены петрохимические коэффициенты (железистость общая относительная, железистость силикатная относительная, железистость оливина, пироксена и др. показатели) которые отражают эволюцию магматических расплавов при становлении рудоносных интрузий с образованием расслоенности и формированием рудных залежей. Разработаны геохимические поисковые критерии для выявления невскрытых на поверхности рудных залежей. Отличительной чертой верхних горизонтов рассмотренных рудоносных массивов, является повышенная железистость силикатной составляющей слагающих их пород. Самые верхние части рудоносных интрузий могут характеризоваться низкими содержаниями рудных минералов, а внешне не



процессами усиления рудоконцентрации. В дальнейшем происходит запуск процессов перераспределения рудных компонентов и их накопления в промышленных концентрациях. Такому повышению содержаний рудных минералов способствует образование специфических рудоконцентрирующих структур – расслоенных интрузий, где имеет место перераспределение минералов между слоями. В зависимости от степени и условий проявления течений в слоях кумулятов происходит образование более бедных или богатых титановых руд.

Коры выветривания мезозой-кайнозойского возраста, развитые на рудоносных габброидах, – это остаточные месторождения. Среди них известно крупное по запасам Торчинское месторождение. В общих чертах распределение ильменита в корах соответствует распределению его в исходных габброидах.

Коры выветривания на Коростенском plutоне являются промежуточными коллекторами для формирования россыпей. При образовании коры титан выносится ограниченно, преимущественно за счет разрушения железо-магнезиальных силикатов. Ряд подвижности для коры по рудным троктолитам Коростенского plutона представляется таким образом:  $\text{Na, K} > \text{Ca} > \text{R} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Si} > \text{Ti} > \text{Al}$ . Ильменит в коре изменен незначительно, в результате чего происходит окисление и частичное вынесение железа, и накопление титана. Содержание ильменита в корах по рудным габброидам может достигать  $500 \text{ кг/м}^3$ . Ильменит имеет довольно крупные (до 3мм) зерна [6]. То есть, учитывая относительную стойкость этого минерала, он способен накапливаться в россыпях. Рассыпные месторождения ильменита сформировались в результате размыва кор выветривания габброидных пород. Часто контуры аллювиально-делювиальных россыпей и титаноносной коры выветривания совпадают. По отношению к коренным источникам россыпи расположены на расстоянии 5–3 км, это типичные россыпи ближнего сноса.

При анализе структурно-литологических моделей Злобицкого рассыпного месторождения ильменита (элювиальная часть россыпи) было выявлено, что в целом распространение площадной коры выветривания подчиняется закономерностям расположения основных форм палеорельефа фундамента. Наиболее высокое залегание коры характерно для центральной части месторождения и в периферийных частях – на краинем западе и юго-востоке участка. Ход изоглий кровли в целом повторяет расположение их для подошвы, однако поверхность кровли гораздо более расчленена локальными неровностями. Это объясняется дальнейшим размывом коры в дораннемеловую эпоху. Для данной территории было характерно развитие размыва и сноса больших объемов материала с водораздельных пространств. В некоторых случаях возможно омоложение коры в пределах этих форм рельефа. Часто дресвянистая зона имеет здесь большую мощность, чем обычно (4–6 м), дресва некаолинизированная или малокаолинизированная. В палеодепрессиях породы коры выветривания сохранились от размыва. В некоторых случаях контуры повышенного содержание ильменита формируют линейные зоны, тяготеющие к ареалам распространения габбро, и отображают их приуроченность к тектоническим нарушениям. В целом структурно-тектонический фактор образует некоторую мозаичность палеорельефа и мозаичность распространения коры.

На основе построения структурно-литологических моделей отложений полтавской серии, составляющих 75–80 % пласта (на примере выше упомянутого рассыпного месторождения), нами выделены фации и литофации, выявлены закономерности распределения в

них ильменита, повышенные концентрации которого приурочены к микроформам палеорельефа древней долины, вмещающей россыпь [14].

Формирование оруденения начинается в склоновом потоке, исходящем от коренных источников сноса; наиболее крупные фракции ильменита тяготеют к подножьям склонов. Более мелкий ильменит ( $<0,3\text{мм}$ ) сносился потоками воды далее от бортов долины и претерпевал дальнейший перемыв. Образовывался "хвост" или "шлейф" концентраций ильменита по долине. На внешней пойме ильменит накапливался на плоских возвышенных участках, которые в меньшей степени размывались. Более сложные закономерности распределения ильменита характерны для русловой пристрежневой фации, где в отдельных местах происходил значительный перемыв отложений, в других – накопление рудных минералов.

Следует отметить, что россыпи Волынского титаноносного района пространственно совпадают с палеодолинами различного возраста, преимущественно палеоген-неогенового возраста. Часто контуры россыпей вытянуты, повторяют контуры древних долин, как это наблюдается для Очеретянской, Федоровской, Валки-Гацковской и других россыпей. Рядом находятся месторождения коренных титановых руд с развитой по ним корой выветривания. Для района Злобицкой россыпи характерны несколько перестроек гидросети, что привело к такому разнообразию фаций и литофаций.

Ильмениты аллювиальных и элювиальных россыпей Коростенского рудного района (Злобицкое, Валки-Гацковское, Правобережное, Краснореченское и ряд других) содержат  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 0,23 %,  $\text{Sc}$  – 0,01 %, что унаследовано от коренных источников, в которые также зафиксированы в повышенных количествах эти элементы. Ильмениты россыпей Иршанской группы месторождений содержат (г/т):  $\text{Sc}$  – 88,8–91,7;  $\text{V}$  – 453,6–485,5;  $\text{Ce}$  – 74,6–98,4;  $\text{Nb}$  – 194,6–196,0;  $\text{Ta}$  – 13,7–14,4;  $\text{Hf}$  – 12,4–15,1; а ильмениты Торчинского остаточного месторождения (г/т):  $\text{Sc}$  – 74;  $\text{V}$  – 1800;  $\text{Nb}$  – 220;  $\text{Ta}$  – 8,7;  $\text{Zr}$  – 455;  $\text{Hf}$  – 15;  $\text{Co}$  – 88. То есть, источниками формирования россыпей Волынского титаноносного района были расслоенные интрузии габбро.

Для Правобережного, Левобережного и некоторых других рассыпных районов характерны прибрежноморские россыпи, имеющие сложное строение и образованные часто за счет перемыва не только кор выветривания, но более древних песков [6]. Закономерности распространения ильменита в них подчиняются течениям в палеобассейнах. Древние долины служили здесь путями транспортировки титановых минералов, выносимых с Украинского щита, а ловушками служили разные микроформы рельефа дна прибрежной зоны. Для выяснения процессов рудоконцентрации этих россыпей следует также построить структурно-литологические модели.

Основные ресурсы титана Украины сегодня сосредоточены в больших ильменитовых и ильменит-рутин-цирконовых рассыпных месторождениях. Кроме того, в пределах Украины расположено крупнейшее в Европе Стремигородское коренное месторождение, являющееся комплексным (титан, фосфор, ванадий, скандий, сырье для производства строительных материалов). Отработка титановых объектов с позиций комплексности позволит обеспечить их рациональное освоение и значительно повысить рентабельность их дальнейшей разработки. В ближайшем будущем главной задачей является подготовка к освоению коренных месторождений, которые заменят выбывающие мощности активно отрабатываемых россыпей.

1. Галецький Л.С., Ремезова О.О. Титанові руди України // Геолог України. – 2007. – № 3. – С. 51–61. 2. Личак И.Л. Петрология Коростенского plutona. – К.: Наук. думка, 1983. – 248 с. 3. Кононов Ю.В. Металлоносность габброидных пород Українського щита. – К.: Наук. думка, 1985. – 156 с. 4. Тарасенко В.С., Металиди С.В. Условия образования титановых руд в габброидах Чеповичского габбро-анортозитового массива (Коростенский plutон) // Геол. Журнал. – 1983. – Т. 43. – Вып. 3. – С. 16–26. 5. Кривідік С.Г., Дубина О.В., Гуравський Т.В. Деякі мінералогічні та петрологічні особливості рудноносних (фосфор, титан) габроїдів анортозит-рапаківігранітних plutонів Українського щита // Мінералогічний журнал. – 2008. – 30, № 4. – С. 41–57. 6. Справочник по рудам чорних металів. – М., 1985. 7. Цымбал С.Н., Полканов Ю.А. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. – К.: Наук. думка, 1975. 8. Металлогенія України и Молдавії. – К., 1974. 9. Атлас "Геологія та корисні копалини України". – К., 2001. 10. Металлические и неметаллические полезные ископаемые // Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И. и др. – Київ-Львов: Центр Европы, 2005. – 785 с. 11. Ремезова Е.А. Гео-

лого-geoхимическая модель Федоровского коренного месторождения титана // Мат. Междунар. конф. Ti-2009 в СНГ. Одесса, 17–20 мая 2009 г. – К., 2009. – С. 163–169. 12. Галецький Л., Ремезова О. Моделі формування розшарованих титаноносних інтрузивів Українського щита // Стан і перспективи сучасної геологічної освіти і науки. Тези доповідей наук. конф., присвячено 65-річчю геологічного факультету Львівського національного університету ім. Івана Франка. – Львів, ЛНУ, 2010. – С. 42–43. 13. Галецький Л., Комський М., Ремезова О. Особливості складу порід коростенського комплексу і походження корінних титанових руд // Вісник Київ. національн. ун-ту ім. Тараса Шевченка, сер. Геологія. – 2011. № 52. – С. 9–13. 14. Хрушов Д.П., Лобасов А.П., Ремезова Е.А., Кирлач Ю.В., Степанюк А.В., Свівальнея Т.В. Цифровые структурно-литологические модели как информационно-аналитическая основа для принятия решений по эксплуатации и охране минеральных ресурсов и геологической среды // V Міжнародна науково-практична конференція "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення" 7–11 вересня 2009 р., Алушта, 2009. – Т.ІІ. – К., 2009. – С. 60–65.

Надійшла до редколегії 20.11.11