

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

А. И. Трегуб, С. В. Бондаренко, А. С. Коротких

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 22 февраля 2012 г.

Аннотация. В статье приведен краткий обзор литературных данных о титан-циркониевых россыпях Центральной России и Воронежской антеклизы. Отмечена возможная связь титан-циркониевых россыпей со структурными парагенезами, которые образуются в осадочном чехле над разломами в фундаменте.

Ключевые слова: титан-циркониевые россыпи, Воронежская антеклиза, области динамического влияния разломов.

Abstract. In the article the brief survey of literature dates about titan-zirconium fields of the Central Russia and Voronezh anteclize are presented. The possible bond of titan-zirconium fields with structural parageneses which are forming in the sedimentary cover above faults in foundation.

Key words: titan-zirconium fields, Voronezh anteclize, aria of geodynamic of influence of foundation faults

Сегодня стратегическое титановое и циркониевое сырье, основными потребителями которого, кроме прочих предприятий, являются предприятия оборонной и атомной промышленности, Россия закупает на Украине, в Казахстане, в Канаде и даже в Австралии. Общий объем импорта составляет около половины от всевозрастающего необходимого количества этого сырья [1]. Это создает определенную угрозу возникновения сырьевой зависимости страны и обуславливает необходимость разработки собственных титан-циркониевых месторождений. По разведанным запасам и прогнозным ресурсам Россия занимает третье место в мире после Китая и Австралии [2]. На ее территории выделен целый ряд титан-циркониевых россыпных провинций, где разведано более десятка средних и крупных по запасам месторождений. Но они по сравнению с зарубежными аналогами, обладают более сложными горно-геологическими условиями разработки, несколько худшими технологическими свойствами сырья. Существуют также экологические проблемы их освоения.

Ресурсный потенциал Центральной России по условному ильмениту составляет более половины ресурсного потенциала всей Российской Федерации [3, 4]. Среди наиболее значимых россыпных месторождений в пределах Центрально-Европейской титан-циркониевой россыпной провинции выделяются Лукояновское (Итмановское) место-

рождение в Нижегородской области с подтвержденными запасами рудных песков 30 млн тонн и прогнозными запасами более 100 млн тонн. К этой же провинции относится и существенно более крупное Центральное месторождение в Тамбовской области с запасами 1,6 млрд тонн рудных песков [2, 5], сопоставимыми с разрабатываемым на Украине Малышевским месторождением, а также с Австралийским месторождением ВИМ-150 [4]. Повышение инвестиционной привлекательности российских россыпных месторождений может быть обеспечено совершенствованием технологии разработки (в частности, в результате более широкого применения скважинной гидродобычи [5]), повышением комплексности использования руд [2, 7].

Россыпи Центрально-Европейской провинции и Воронежской антеклизы, в частности, достаточно хорошо изучены в минералогическом отношении. В осадочном чехле здесь выделено несколько эпох, благоприятных для образования россыпей [3, 8], проведен анализ палеогеографических условий [9, 10]. В частности, отмечено, что «многократные перемены и шлихование песков на неровном дне прибрежных зон и мелководного шельфа – одно из главных условий накопления тяжелых минералов» [11, с. 124]. При этом указано на формирование россыпей Воронежской антеклизы преимущественно в мелководно-морских обстановках [3, 12]. В тектоническом отношении отмечена общая приуроченность россыпных районов к окраинам ан-

теклизы, на ее стыке с Московской синеклизой и Днепровско-Донецкой впадиной, расположение в областях локальных поднятий морского дна [12]. В этих областях при уменьшении глубины бассейна происходит перестройка параметров волновых движений (процесс забурунивания [13]) с потерей части энергии, расходуемой на шлихование донных осадков и накопление тяжелой фракции.

Безусловно, тектонические движения регионального уровня имеют большое значение, как в формировании промежуточных коллекторов, так и в предопределении направления переноса полезных компонентов (источников сноса). Однако особую роль, по-видимому, играют тектонические движения в локализации месторождений, в формировании отмеченных выше поднятий морского дна. Детальное изучение геодинамических обстановок развития локальных структур россыпных районов может стать еще одним направлением повышения экономической эффективности промышленной отработки россыпей, поскольку позволит прогнозировать пространственное расположение участков с максимальными концентрациями полезных минералов в пределах россыпных месторождений и перспективных площадей.

Основными тектоническими элементами осадочного чехла Воронежской антеклизы являются, с одной стороны, штамповые структуры, отражающие разнообразие (сводово-глыбовые, депрессионно-глыбовые, латеральные) движения блоков кристаллического фундамента, а с другой стороны, – структурные парагенезы пликативных и дизъюнктивных элементов, которые возникают в надразломном пространстве осадочного чехла на границах блоков при их перемещениях друг относительно друга [14]. Зоны наиболее крупных разломов образовались преимущественно на различных стадиях (включая авлакогенную) формирования фундамента платформы [15]. На плитной стадии развития платформы происходила активизация движений по уже имеющимся зонам разломов, что обусловило высокую степень консерватизма структурного каркаса Воронежской антеклизы. Это имеет особое методическое значение, поскольку позволяет использовать при определении блоковой структуры фундамента, кроме геофизических материалов, данные по неотектонике, отличающиеся высокой степенью обоснованности за счет применения результатов дистанционного зондирования Земли, широкого спектра морфоструктурных методов [16]. В осадочном чехле области динамического влияния разломов фунда-

мента образованы парагенезами пликативных и дизъюнктивных структур, сочетания которых зависят от стадии развития области динамического влияния, а также от ее кинематического типа [14]. При этом отмечается значительное преобладание в природных условиях трансензионной и транспрессионной кинематики [17], а для осадочного чехла Воронежской антеклизы широкое распространение областей динамического влияния, находящихся на начальной (пликативной) стадии развития [18]. Сопоставление данных о распределении россыпных районов с данными по тектонике региона позволяет заключить, что они часто приурочены к областям динамического влияния разломов кристаллического фундамента на границах его крупных блоков, в структурных узлах, отличающихся высокой и длительной тектонической активностью. По-видимому, наиболее благоприятными для формирования россыпных месторождений являются структурные парагенезы представленные сочетаниями локальных поднятий и впадин, которые отражают инфраструктуру поля деформаций, формирующуюся в условиях транспрессии или трансенсии. В палеогеографическом отношении такие локальные структуры в рельефе дна выражены закономерным чередованием пологих валов и разделяющих их понижений.

В качестве примера могут быть рассмотрены геодинамические условия формирования месторождения «Центральное». Общая мощность рудного пласта в его пределах колеблется от 2 до 18 м. В целом тело россыпи ориентировано в северо-восточном направлении [3]. В структуре поверхности фундамента месторождение расположено в пограничной полосе между Воронежским кристаллическим массивом и Пачелмским авлакогеном. Абсолютные отметки фундамента здесь резко изменяются в северо-восточном направлении от –950 до –2500 м. Погружение поверхности фундамента выражено серией ступеней и грабенов с общим северо-западным простирием [19]. Непосредственно район месторождения расположен над зоной разломов юго-западного ограничения Гаврилкового грабена. Помимо разломов северо-западной ориентировки, непосредственно связанных с заложением и развитием позднепротерозойских рифтовых структур, выделяются поперечные разломы северо-восточного направления, совпадающего с общим простирием россыпи. Они пересекают как Гаврилковский грабен, так и прилегающую часть массива. В осадочном чехле район месторождения отмечен широким распростране-

нием инверсионных структур [19]. В разрезе месторождения участки, обогащенные титан-циркониевыми минералами, выделяются, начиная с верхов нижнего альба, где они приурочены к отчетливо проявляющимся локальным поднятиям. Количество таких участков увеличивается в верхнем альбе, а затем и в сеномане в связи с появлением новых локальных поднятий. Основной объем россыпи приурочен к верхам сеноманского разреза, на его границе с нижним сантоном. В наиболее изученном восточном участке россыпи установлена сложная внутренняя структура залежи с неоднородным распределением полезных компонентов в плане и в разрезе. В россыпи обособлены два относительно обогащенных горизонта, которые состоят из линз с наиболее высокими концентрациями рудных минералов. Наиболее мощная линза выделяется в верхней части пласта на западе участка [5]. В разрезах по скважинам в профилях, ориентированных вкрест простирания россыпи, отчетливо выделяются закономерно чередующиеся пологие поднятые и погруженные участки с относительно амплитудами в подошве сеномана (на абсолютных отметках около 160–170 м), изменяющимися от 2–3 м до 8 м (в западной части). В целом они вытянуты в меридиональном и близком к нему направлениях.

Поле палеотектонических деформаций, установленное по результатам изучения палеоструктурной анизотропии верхнемелового подэтажа, характеризуется северо-восточной ориентировкой осей горизонтального удлинения с двумя модальными значениями: 20° (основная ось) и 50° (дополнительная ось) [20]. При такой их ориентировке можно предполагать, что развитие локальных структур в области динамического влияния разломов фундамента происходило в геодинамических условиях транспресси с преобладанием кинематики правого сдвига, дополняющегося горизонтальным сжатием. При этом в парагенезе структур должны были формироваться эшелонированные локальные поднятия, чередующиеся с локальными впадинами с общей субмеридиональной ориентировкой осей. В условиях мощной континентальной коры кратона область динамического влияния, вероятно, в своем развитии не выходила за пределы пликативной стадии, на которой общая ширина области динамического влияния должна была примерно соответствовать учетверенной мощности деформируемого слоя [14]. Результаты анализа возможных геодинамических условий образования локальных структур в пределах месторождения в

целом согласуются с особенностями его строения, однако носят предварительный характер. Вместе с тем, они позволяют заключить, что выбранное направление исследований является перспективным для дальнейшей разработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Патык-Кара Н. Г.* Россыпные месторождения России и других стран СНГ: минералогия, промышленные типы, стратегия минерально-сырьевой базы / Н. Г. Патык-Кара [и др.]. – М. : Научный мир, 1997. – 479 с.
2. Титановые ресурсы России. – (www.74rif.ru).
3. *Савко А. Д.* Цирконий-титановые россыпи Воронежской антеклизы: типы, эпохи и факторы формирования, прогноз / А. Д. Савко, А. Е. Звонарев, Д. А. Иванов // Геология рудных месторождений. – 2012. – Т. 54, № 1. – С. 71–94.
4. *Кременецкий А. А.* Реконструкция условий формирования титан-циркониевых россыпей Центральной России в системе – коренной источник – россыпь / А. А. Кременецкий [и др.] // Месторождения природного и техногенного минерального сырья: геология, геохимия, геохимические и геофизические методы поисков, экологическая геология : мат-лы междунар. конф. – Воронеж, 2008. – С. 125–127.
5. *Левченко Е. Н.* Научно-методическое обоснование минералого-технологической оценки редкометалло-титановых россыпей : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Е. Н. Левченко. – М. : ИМГРЭ, 2011. – 41 с.
6. *Титулов Л. П.* Скважинная технология добычи твердых полезных ископаемых в структуре горнообогатительных комплексов / Л. П. Титулов, Е. Н. Левченко // Развитие идей И. П. Плаксина в области обогащения полезных ископаемых. – М. : МИСИС, 2000. – С. 89–92.
7. *Бондаренко С. В.* Литология и технологические особенности титан-циркониевых рудных песков проявления Камбулат (Ставропольский россыпной район) / С. В. Бондаренко, А. С. Коротких, А. И. Трегуб // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2011. – № 1. – С. 50–59.
8. *Савко А. Д.* Эпохи россыпеобразования титан-циркониевых минералов в истории Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, В. И. Беляев, Д. А. Иванов // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 1996. – № 1. – С. 20–25.
9. *Савко А. Д.* Основные факторы формирования титан-циркониевых россыпей / А. Д. Савко, В. И. Беляев, В. К. Бартев // Отечественная геология. – 1992. – № 3. – С. 21–29.
10. *Беляев В. И.* Продуктивные титан-циркониевые формации Воронежской антеклизы (факторы и прогноз) / В. И. Беляев // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия : Геология. – 2000. – № 9. – С. 138–151.
11. *Савко А. Д.* Основные типы и факторы формирования месторождений в осадочном чехле положитель-

ных структур древних платформ (на примере Воронежской антеклизы) / А. Д. Савко // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 1997. – № 4. – С. 117–131.

12. Савко А. Д. Титан-циркониевые россыпи Центрально-Черноземного района / А. Д. Савко, Н. Н. Иконников, Д. А. Иванов. – Воронеж, 1995. – 148 с.

13. Леонтьев О. К. Геоморфология морских берегов / О. К. Леонтьев, Л. Г. Никифоров, Г. А. Сафьянов. – М. : МГУ, 1975. – 120 с.

14. Шерман С. И. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования) / С. И. Шерман, С. А. Борняков, В. Ю. Буддо. – Новосибирск, 1983. – 112 с.

15. Трегуб А. И. Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ) / А. И. Трегуб // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 2000. – № 5(10). – С. 7–15.

16. Ненахов В. М. Минерагенические исследования территорий с двухъярусным строением (на примере

Воронежского кристаллического массива) / В. М. Ненахов [и др.]. – М. : Геокарт, Геос, 2007. – 284 с.

17. Морозов Ю. А. Структурные парагенезы транспрессии и транстенсии по результатам экспериментов и в сопоставлении с природными данными / Ю. А. Морозов // Тектоника неогей: общие и региональные аспекты. Т. 2. Мат-лы XXXIV Тектонического совещания. – М. : Геос, 2001. – С. 52–56.

18. Трегуб А. И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива / А. И. Трегуб. – Воронеж, 2002. – 220 с.

19. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист N-37, (38). – Москва. Объяснительная записка. – СПб. : ВСЕГЕИ, 1999. – 344 с.

20. Трегуб А. И. Приповерхностная трещиноватость и ее соотношение с тектонической структурой территории Воронежской антеклизы / А. И. Трегуб, А. А. Старухин // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. – 1996. – № 1. – С. 38–43.

Воронежский государственный университет

А. И. Трегуб, профессор кафедры общей геологии и геодинамики

Тел. 8 (473) 220-83-79

tregubai@yandex.ru

С. В. Бондаренко, доцент кафедры общей геологии и геодинамики

Тел. 8 (473) 220-89-26

sw_bondarenko@hotmail.com

А. С. Коротких, научный сотрудник

Тел. 8 (473) 220-89-26

Neslie@yandex.ru

Voronezh State University

A. I. Tregub, professor, the Geology and Geodynamic chair

Tel. 8 (473) 220-83-79

tregubai@yandex.ru

S. V. Bondarenko, Associate Professor, the Geology and Geodynamic chair

Tel. 8 (473) 220-89-26

sw_bondarenko@hotmail.com

A. S. Korotkih, the scientific employee

Tel. 8 (473) 220-89-26

Neslie@yandex.ru