

3. Сушко С.М., Берикболов Б.Р., Долгополов В.Ф. Урановые месторождения Казахстана, перспективы их промышленного освоения и поиска. - Алматы, – 2010. 4 с.
4. Язиков В. Г., Забазнов В. Л., Петров Н. Н., Рогов Е. И., Рогов А. Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. – Алматы, 2001. – 205 с.

**МИНЕРАЛОГ-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПИРОКЛАСТИЧЕСКОГО
ВУЛКАНОГЕННОГО МАТЕРИАЛА КАРБОНА-ПЕРМИ В УГЛЯХ КУЗНЕЦКОГО И
МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНОВ**

Вергунов А.В.

Научный руководитель - профессор С.И. Арбузов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

За вековую историю изучения вулканогенного материала в углях его следы установлены в большинстве угольных бассейнов мира. В Сибирском регионе, благодаря работам А.В. Вана [3,4,5], участие вулканогенной пирокластики в формировании угленосных отложений было отмечено довольно рано. Он одним из первых с достаточной полнотой оценил роль вулканизма в формировании современного облика угленосных отложений региона. На примере целого ряда угольных бассейнов (Кузнецкий, Минусинский, Тунгусский), он показал глобальную роль вулканизма в формировании угленосных отложений [2].

Вулканогенный материал встречается в угольных пластах преимущественно в виде маломощных глинистых прослоев – тонштейнов. Известно, что тонштейны могут быть источником высоких концентраций большой группы редких элементов-примесей в углях [9, 11, 12, 17].

В связи с этим, разработка комплекса критериев идентификации пирокластического материала в угле является актуальной задачей, решение которой позволит оценить роль вулканизма в процессе формирования геохимической специализации углей.

Как показали ранее проведенные исследования, первичный состав пирокластического материала реставрировать достаточно сложно, так как он претерпевает почти полное изменение [1, 6]. Нами разработан комплекс критериев, позволяющих идентифицировать первичный состав преобразованной в тонштейны пирокластики. Комплекс включает в себя: титановый модуль (TiO_2/Al_2O_3), классификационная диаграмма Винчестера и Флойда ($Nb/Y-Zr/TiO_2$), нормирование РЗЭ, содержание редких и радиоактивных элементов.

Одним из типовых коэффициентов является титановый модуль (TiO_2/Al_2O_3). Согласно обзору Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис, отношение TiO_2 к Al_2O_3 является одним из достоверных показателей вклада пирокластики в формирование отложений, в особенности применительно к кислым вулканическим пеплам [8].

Как показали исследования Д.А. Спирса и Р. Канариса-Сотириу, TiO_2/Al_2O_3 отношение менее 0,02 характерно для кислой (риолитовой) пирокластики, более 0,06 – для основной [14]. Промежуточные значения характерны для пирокластики среднего и щелочного состава. Данный модуль с большой достоверностью помогает диагностировать состав пирокластического материала, сформировавшего тонштейн, что подтверждается многочисленными работами [10, 16 и т.д.]. Исследования показывают, что титан не остается инертным в процессе преобразования вулканического пепла в условиях болотной среды. Он становится подвижным и образует минеральные фазы в виде оторочек вокруг включений органического вещества [1].

Диаграмма Дж.А. Винчестера и Р.А. Флойда [Winchester and Floyd, 1977], в основе которой лежит отношение Zr/TiO_2 к Nb/Y , широко используется для восстановления состава преобразованного вулканического пепла [13]. Применение данной диаграммы ограничено различной подвижностью элементов, которые положены в ее основу. Исследования показали значительный вынос циркония и ниобия, а также в меньшей степени иттрия [1, 7].

Применение данной диаграммы ограничено различной подвижностью элементов, которые положены в ее основу. С высокой концентрацией тория связана повышенная радиоактивность прослоев. Она регистрируется при гамма-каротаже, а также при применении малогабаритного радиометрического оборудования в горных выработках. Тонштейны с низким содержанием тория во всех случаях представлены разностями основного или среднего состава. Наличие высокоторийных разностей тонштейнов указывает на проявление кислого или щелочного вулканизма.

Редкоземельные элементы широко используются в качестве геохимических индикаторов для пирокластического материала в угле, что объясняется их предсказуемым поведением при различных геохимических процессах. Нормированные на хондрит графики распределения РЗЭ для большинства изученных образцов характеризуются отчетливой отрицательной европиевой аномалией. На кривых распределения РЗЭ отмечается преобладание легких РЗЭ над тяжелыми. Подобные графики распределения с отрицательной европиевой аномалией характерны для пирокластики кислого состава. На графиках распределения РЗЭ для тонштейнов образовавшихся с участием кислой пирокластики щелочного ряда сохраняется схожий тренд, что и для кислых нормального ряда, но с менее выраженной европиевой аномалией.

Каждый из предложенных критериев имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при их использовании. Только комплексный подход позволяет достоверно восстановить исходный состав пирокластического материала из которого сформировались тонштейны.

Так, для тонштейнов образовавшихся из пирокластики кислого состава отличительными особенностями являются: высокая концентрация тория, низкие значения титанового модуля, контрастная отрицательная европиевая аномалия.

СЕКЦИЯ 9. ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА РУД РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СТРАТЕГИЧЕСКИЕ МЕТАЛЛЫ.

Партинги сформированные из пеплов среднего и основного составов характеризуются низкими концентрациями тория, повышенными значениями титанового модуля. Графики нормированных на хондрит РЗЭ не имеют Eu аномалии. В составе разностей основного состава наблюдается высокая концентрация Sc и V.

О присутствии пирокластике щелочного ряда свидетельствует высокая концентрация РЗЭ, Y, Zr, Nb, Hf, Ta и Th в составе тонштейнов.

С использованием комплекса критериев был восстановлен состав пирокластического материала из которого сформировались тонштейны, диагностированные в угольных пластах Кузнецкого и Минусинского бассейнов.

Угольные пласты Черногорского месторождения Минусинского бассейна, такие как Гигант, Мощный, Великан, Двухаршинный, характеризуются наличием тонштейнов, которые сформировались из пирокластике преимущественно кислого и щелочного состава. В угольных пластах Бейского месторождения Минусинского бассейна (19, 17, 16) также диагностированы тонштейны кислого и щелочного состава. Исходный пепловый материал сформировавший эти прослои оказал существенное влияние на геохимию данных пластов.

В угольных пластах Изыхского месторождения, таких как XXIII, XXVIII и XXX, выявлены значительные концентрации редких металлов. В данных пластах также диагностировано наличие тонштейнов, которые сформировались из пеплов кислого состава щелочного ряда.

В пластах угля Кузнецкого бассейна (Горелый, VI, IV-V), в составе которых отмечались контрастные аномалии редких элементов-примесей также было диагностировано наличие породных прослоев, генезис которых связан с пирокластическим материалом. Комплекс элементов, которыми обогащены тонштейны и вмещающие их угли, свидетельствует о преимущественно щелочном составе исходного пеплового материала.

В ходе исследования был предложен комплекс минералого-геохимических критериев идентификации преобразованной вулканогенной пирокластике. Комплекс включает в себя полевую диагностику, изучение минерального состава измененного пирокластического материала, а также его геохимических особенностях, свидетельствующих об исходном составе. Первичный состав пеплов идентифицирован на основе TiO_2/Al_2O_3 , диаграммы $Nb/Y-Zr/TiO_2$, нормированных на хондрит графиков распределения РЗЭ, содержание редких и радиоактивных элементов. Комплекс методов позволил определить состав исходного пеплового материала, послужившего источником для формирования тонштейнов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90010

Литература

1. Арбузов С.И., Ильенко С.С., Вергунов А.В., Шалдыбин М.В., Соболенко В.М., Некрасов П.Е. Минералого-геохимическая идентификация продуктов эксплозивного вулканизма в углях Минусинского бассейна // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 9. Материалы IX Всероссийской петрографической конференции с международным участием. – Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2017. – С. 35–37.
2. Ван А.В. Вулканогенный пепел в угленосных отложениях верхнего палеозоя Средней Сибири // Литология и полезные ископаемые, 1972. – №1. – С. 40-51.
3. Ван А.В. Роль вулканизма в образовании мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Западно-Сибирской плиты. // Тр. Западно-Сибирского отделения ВМО, Вып.1. Магматизм, литология и вопросы рудоносности Сибири. – Новосибирск, 1974. - С. 52-61.
4. Ван А.В. Роль пирокластического материала в угленосных отложениях Кузнецкого бассейна. // Советская геология, 1968. - №4. – С. 129-137.
5. Ван А.В. Эпигенез и метагенез угленосных отложений Кузнецкого бассейна // Постседиментационные преобразования осадочных пород Сибири. – М.: Наука, 1967. – С. 99-118
6. Вергунов А. В., Арбузов С. И., Соболенко В. М. Минералогия и геохимия тонштейнов в углях Бейского месторождения Минусинского бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 2. – С.155-166.
7. Вергунов А. В., Арбузов С. И., Еремеева В. В. Минералогия, геохимия и генезис редкометалльного Zr-Nb-Hf-Ta-РЗЭ-Ga оруденения в пласте XXX Минусинского бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 7. – С. 49-62.
8. Юдович Я.Ю., Кетрис М.П. Основы литохимии. – Санкт-Петербург: Наука, 2000. – 479 с.
9. Arbutov, S.I., Mezhibor, A.M., Spears, D.A., Il'enok, S.S., Shaldybin, M.V., Belaya, E.V. Nature of Tonsteins in the Azeisk Deposit of the Irkutsk Coal Basin (Siberia, Russia) // Int. J. of Coal Geology, 2016.- Vol 152. - pp. 99-111 DOI: 10.1016/j.coal.2015.12.001
10. Burger, Kurt. Petrography and geochemistry of tonsteins from the 4th Member of the Upper Triassic Xujiahe formation in southern Sichuan Province, China / Kurt Burger, Yiping Zhou, Youliang Ren // International Journal of Coal Geology. – 2002. – V. 49. – P. 1–17.
11. Crowley S.S., Stanton R.W., Ryer T.A. The effects of volcanic ash on the maceral and chemical composition of the C coal bed, Emery Coal Field, Utah. Organic Geochemistry, 1989, vol. 14, pp. 315–331.
12. Hower J.C., Ruppert L.F., Cortland F.E. Lanthanide, yttrium, and zirconium anomalies in the Fire Clay coal bed, Eastern Kentucky// Int. J. Coal Geology. 1999, Vol. 39. № 1-3. - P. 141-153.
13. Spears D.A. The origin of tonsteins, an overview, and links with seatearths, fireclays and fragmental clay rocks // Int. J. of Coal Geol. – 2012. – V. 94. – P. 22–31.
14. Spears D.A., Kanaris-Sotiriou R. A geochemical and mineralogical investigation of some British and other European tonsteins // Sedimentology. – 1979. – V. 26. – P. 407–425.
15. Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements // Chemical Geology. – 1977. – Vol. 20. – P. 325–343.
16. Zhou, Y., Bohor, B.F., Ren, Y., 2000. Trace element geochemistry of altered volcanic ash layers (tonsteins) in Late Permian coal-bearing formations of eastern Yunnan and western Guizhou Province, China. Int. J. of Coal Geol., 2000. – 44. – P. 305–324

17. Zielinski, R.A. Element mobility during alteration of silicic ash to kaolinite-a study of tonstein / R.A. Zielinski // Sedimentology. 1985. – Vol. 32. – 567–579 pp.

ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ОСНОВНЫХ ТИПОВ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛАЙГЫР

Есендосова А.Н.

Научный руководитель - доцент М.В. Пономарева
Карагандинский технический университет, г. Караганда, Казахстан

Для определения ряда ключевых минералогических параметров, таких как форма нахождения металла в руде, раскрытие минерала и минеральных соединений, был проведен количественный минералогический анализ на представительных навесках проб, окисленных и рядовых сульфидных руд с восточного и западного участков месторождения Алайгыр.

Месторождение Алайгыр относится к атасускому стратиформному свинцово-цинковому типу [2].

Месторождение расположено в восточной части Успенского синклинория (успенской зоны смятия). В строении района месторождения принимают участие образования терригенно-карбонатной формации и спилит-кремнисто-терригенной формации фамен-турнейского возраста, а также угленосная параллельная формация субщелочных риолитовых порфиров раннепермского возраста [2].

На месторождении выделено три технологических сорта руд: сульфидные, смешанные и окисленные.

Руды месторождения Алайгыр представляет свинец, связанный в сульфидных рудах с галенитом, а в окисленных с церусситом при незначительной доле ангезита, пироморфита и платтерита [2].

Сульфидные руды составляют основную долю запасов – 59%. Основным минералом-носителем является галенит, с которым связано более 85% свинца. Смешанные руды составляют 15,5% от общих запасов руды на месторождении. Основные рудные минералы представлены галенитом и церусситом. Окисленные руды составляют 25,5% от общих запасов. Они залегают в верхних частях рудной зоны и представлены церусситом.

Испытания проводились на четырех пробах, две из которых представляли окисленную минерализацию, и две – сульфидную. Изученные пробы идентифицировались следующим образом: восточная окисленная; западная окисленная; рядовая сульфидная; богатая сульфидная [1].



Рис. 1 Фотографии проб восточной и западной окисленных руд



Рис. 2 Фотографии проб рядовой и богатой сульфидной руд