

**Минералого-геохимическая идентификация продуктов вулканизма в углях Харанорского месторождения, Восточное Забайкалье**

***Вергунов А.В.***

**Mineralogical and geochemical identification of volcanogenic material in coals of the Kharanorskoe Deposit, Eastern Transbaikalia**

***Vergunov A.V.***

*Тюменский государственный университет, г. Тюмень;*

*e-mail: alexeivergunov@rambler.ru*

Исследован состав измененного вулканического пепла (тонштейна) в бурых углях кутинской свиты Харанорского месторождения Забайкальского края. Минералогические и геохимические особенности изученного тонштейна свидетельствуют о кислом щелочном (трахидацит) составе исходного пеплового материала.

**Введение**

Следы вулканического пепла в угольных пластах надежно диагностируются в виде маломощных глинистых прослоев (тонштейнов). Главным образом, это связано с тем, что торфообразующая среда является наиболее благоприятной для сохранения даже маломощных выпадений вулканического пепла [8]. Это, главным образом, возможно за счет малоподвижной среды, быстрого накопления осадков в масштабах геологического времени. Таким образом, тонштейны представляют собой следы эруптивных циклов, зафиксированных в угленосных отложениях [1].

В данной работе рассмотрены минеральные и геохимические характеристики тонштейна в пласте Новый-1а Харанорского бурогоугольного месторождения мелового возраста. Данные позволяют глубже понять механизмы взаимодействия вулканического материала с угленосными отложениями и его влияние на химический состав углей.

Харанорское бурогоугольное месторождение расположено в северной части Харанорской впадины на юге Забайкальского края. Впадина характеризуется двухъярусным строением, где нижний ярус сложен вулканогенными позднеюрскими образованиями, смятыми в пологие складки. Верхний ярус сложен угленосными раннемеловыми отложениями, залегающими на нижнем ярусе с угловым несогласием [6]. Угленосными отложениями Харанорского месторождения сложена кутинская свита раннего мела. Отложения свиты делятся на три горизонта, где внизу располагается песчано-алевролитовый (безугольный) мощностью 280-300 м, затем следует горизонт частого переслаивания мощностью 240-260 м и мощных угольных пластов мощностью 380-400 м [6].

Для Харанорского месторождения угольный пласт Новый-1а является наиболее мощным, его максимальная мощность достигает 49.1 м. В составе указанного угольного пласта известен тонштейн [3]. Тонштейн представляет собой латерально непрерывный слой мощностью 8-10 см, отчетливо выделяющийся в угольном разрезе светло-серым цветом и характеризующийся раковистым изломом. Горизонт состоит из смеси глинистых минералов, терригенных и вулканогенных зерен, при этом вулканогенные частицы представлены кремнистыми агрегатами со стекловатой структурой. В шлифах выявляется реликтовая структура вулканогенных пород, что подтверждает их происхождение. Глинистые минералы в основной массе породы часто несут следы преобразования, наблюдаются вермикулы каолинита (рисунок), а терригенные зерна кварца и полевых шпатов демонстрируют признаки растворения и замещения глинистыми минералами.

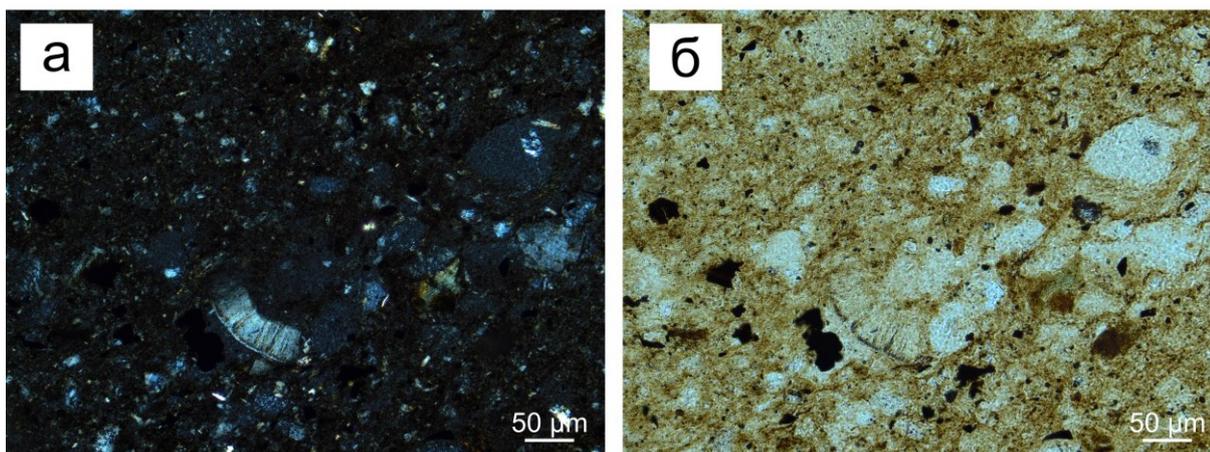


Рисунок. Вермикула каолинита. Оптическая микроскопия в проходящем свете: николи скрещены (а), николи параллельны (б).

Минеральный состав тонштейна характеризуется преобладанием каолинита, второстепенными компонентами являются кварц, КППШ и иллит/мусковит. Обнаружен разнообразный набор акцессорных минералов, включая циркон, ильменит, анатаз и Nb-содержащую фазу, близкую к группе пироклора. Присутствуют фосфаты РЗЭ: легкие РЗЭ представлены монацитом-(Ce), часто с примесью тория, тяжелые РЗЭ – ксенотимом-(Y). Наблюдается органическое вещество как в рассеянном виде, так и в форме включений угля и растительных остатков.

В научных исследованиях, посвященных восстановлению состава преобразованного в тонштейны туфогенного материала, сформировался надежный комплекс методов. Данный комплекс основан на соотношении химических элементов относительно инертных в условиях гипергенеза. Комплекс включает в себя титановый модуль ( $TiO_2/Al_2O_3$ ), диаграмму Nb/Y–Zr/ $TiO_2$ , спектры распределения РЗЭ, содержание отдельных редких и радиоактивных элементов, особенности минерального состава. Было установлено, что тонштейн сформировался при участии кислой щелочной пирокластик (трахидацит) [3, 4].

Важной особенностью является высокая концентрация Nb, Y, Zr, Hf, Ta в угле на контакте с тонштейном. Отмечается отчетливая приуроченность наибольших концентраций к породному прослою, что позволяет связать их генезис. Высокие концентрации такого спектра элементов типичны для щелочной пирокластик. Подобные случаи описаны в работах, посвященных туфогенным горизонтам щелочного состава в Китае [10] и России [7, 11]. Таким образом, полученные в результате данные позволяют сделать вывод, что тонштейн сформировался при участии кислой щелочной пирокластик (трахидацит).

Следы пеплов схожего состава прослеживаются в угленосных отложениях пермского возраста Китая и России. С ними связывают аномальные концентрации редких металлов. Это позволяет рассматривать вмещающие угли как нетрадиционные источники редких металлов, а также прослеживать породные прослои до мест перехода пеплов в туфы, которые слагают месторождения редких металлов.

Наблюдаемые в полевых условиях характеристики изученного тонштейна, а также его минеральный и химический состав, свидетельствуют о его воздушно-осадочном вулканическом генезисе и формировании в течение короткого промежутка времени. Учитывая коэффициент уплотнения вулканического пепла после осаждения и последующего захоронения, составляющий 5:1, согласно Б.Ф. Бохору и Д.М. Триплекорну [8], можно предположить, что тонштейн мощностью 8-10 см образовался в результате диагенетического преобразования слоя вулканического пепла толщиной 40-50 см. Предполагается, что столь значительная мощность исходного вулканического слоя обусловлена либо близостью источника извержения, либо

результатом мощного катастрофического извержения, обеспечившего значительный объем пеплового материала, распространившегося на обширной территории.

Угленосные отложения кутинской свиты Харанорского месторождения сформировались в апт-альбское время [9], что соответствует второй стадии позднемезозойского этапа тектонического развития Юго-Восточного Забайкалья. В этот период активный континентальный рифтогенез привел к формированию характерной бимодальной вулканической ассоциации, включающей трахибазальты, дациты, трахидациты, риолиты и их субщелочные аналоги [2]. Такой магматизм характерен для рифтовых структур Монголо-Охотского пояса и представлен в Харанорской впадине вулканитами тургинской свиты. Наиболее близкий химический состав к тонштейну Харанорского месторождения демонстрируют трахириолиты и трахириодациты, распространенные в Западно-Забайкальской и Восточно-Монгольской вулканических провинциях [5], что указывает на потенциальную связь с этими вулканическими центрами.

### Заключение

В работе исследован минералого-геохимический состав тонштейна из угольного пласта Новый-1а Харанорского бурогоугольного месторождения. Минеральный состав тонштейна представлен каолинитом, кварцем, полевым шпатом. Акцессорные минералы представлены цирконом, ильменитом, монацитом-(Ce), ксенотимом-(Y). Тонштейн характеризуется высокими концентрациями Ga, Nb, Hf, Ta, Hg, Th и U. Положение в разрезе угольного пласта, минеральный состав, структурно-текстурные и геохимические особенности тонштейна позволили установить его вулканогенную природу.

Исследования выявили обогащение углей пласта Новый-1а рядом литофильных редких элементов, характерных для кислой и щелочной пирокластике. Наиболее высокие концентрации (PЗЭ, Zr, Nb, Y, Ta, Hf, Th и U) отмечены вблизи контакта угля с тонштейном. Полученные данные подтверждают вулканогенную природу тонштейна и указывают на существенную роль вулканизма в формировании геохимических особенностей Харанорского месторождения.

Большая мощность тонштейна свидетельствует либо о близком расположении источника извержения, возможно на территории региона, либо о катастрофическом характере извержения, обеспечившем выброс большого объема пеплового материала и переноса его на большие расстояния. Накопление угленосных отложений Харанорского месторождения пришлось на этап магматизма характерного для многочисленных рифтогенных впадин Монголо-Охотского пояса. Наиболее близкими по химическому составу оказались трахириолиты и трахириодациты Западно-Забайкальской и Восточно-Монгольской вулканических провинций.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00314, <https://rscf.ru/project/24-27-00314/>.

### Список литературы

1. Адмакин Л.А. Тонштейны – геохронометры древних эруптивных циклов // Доклады Академии наук СССР. 1991. Т. 320. № 5. С. 1194-1197
2. Андреева Ю.С., Сасим С.А., Дриль С.И. Геохимия и петрогенезис позднемезозойских вулканитов Торейской и Харанорской впадин (Восточное Забайкалье) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 33. С. 3-20. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.3>
3. Вергунов А.В., Арбузов С.И., Соктоев Б.Р. и др. Минералогия и геохимия тонштейна из угольного пласта Новый-1А Харанорского месторождения (Забайкальский край) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 8. С. 15-26. <https://doi.org/10.18799/24131830/2022/8/3677>

4. Вергунов А.В., Новоселов А.А., Деева Е.С. и др. Химический и минеральный состав измененного вулканического пепла в углях Харанорского месторождения, Восточная Сибирь // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2024. Т. 335. № 11. С. 170-184. <https://doi.org/10.18799/24131830/2024/11/4861>
5. Перетяжко И.С., Савина Е.А., Дриль С.И. Трахибазальт-трахит-трахириолитовый раннемеловой вулканизм Нилгинской депрессии (Центральная Монголия): источники и эволюция состава магм в условиях континентального рифтогенеза // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 12. С. 2101-2128. <https://doi.org/10.15372/GiG20181211>
6. 3 Угольная база России. Том IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны, месторождения Забайкалья). М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. 493 с.
7. Arbuzov S.I., Spears D.A., Vergunov A.V. et al. Geochemistry, mineralogy and genesis of rare metal (Nb-TaZr-Hf-Y-REE-Ga) coals of the seam XI in the south of Kuznetsk Basin, Russia // Ore Geology Reviews. 2019. V. 113. Art. 103073. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103073>
8. Bohor B.F., Triplehorn D.M. Tonsteins: Altered Volcanic-Ash Layers in Coal-Bearing Sequences / Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper, 1993. 258 p. <https://doi.org/10.1130/SPE285-p1>
9. Bugdaeva E.V. The Early Cretaceous flora of Transbaikalia. Aspects of nonmarine Cretaceous geology // Aspects of nonmarine Cretaceous geology. 1992. P. 193-199.
10. Dai S., Ward C.R., Graham I.T. et al. Altered volcanic ashes in coal and coal-bearing sequences: a review of their nature and significance // Earth-Science Reviews. 2017. V. 175. P. 44-74. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.10.005>
11. Vergunov A.V., Arbuzov S.I., Spears D.A. et al. Mineralogy and geochemistry of rare metal (Zr-Nb-Hf-Ta-REE-Ga) coals of the seam XXX of the Izykh Coalfield, Minusinsk Basin, Russia: Implications for more widespread rare metal mineralization in North Asia // International Journal of Coal Geology. 2024. V. 289. Art. 104542. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2024.104542>