

**Условия образования вулканогенных цеолитов месторождения Хонгуруу (республика Саха)**

***Румянцева А.О., Белоусов П.Е.***

**Volcanogenic zeolites of the Khonguruu deposit (Yakutia): mineral composition, formation conditions, properties**

***Rumyantseva A.O., Belousov P.E.***

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва;*

*e-mail: rumyantseva.anastasia2017@yandex.ru*

Работа посвящена изучению условий образования вулканогенных цеолитов месторождения Хонгуруу (Якутия). В генетическом плане месторождение цеолитов относится к вулканогенно-осадочному типу и образовалось в результате цеолитизации пеплового материала в мелководных водах с повышенной соленостью. Установлен состав исходных материнских пород.

Цеолиты являются ценным неметаллическим полезным ископаемым и относятся к группе водных алюмосиликатов, состоящих из кремнекислородных тетраэдров. Основными представителями данной группы являются гейландит, клиноптилолит, морденит, шабазит и др. На территории России выявлено около 120 месторождений и проявлений цеолитсодержащих пород. На Государственном балансе запасов в Российской Федерации учитываются 18 месторождений цеолитов с балансовыми запасами категории  $A+B+C_1$  – 594 млн т, категории  $C_2$  – 799 млн т. [1], из них разрабатывается только 3 месторождения [5].

Месторождение Хонгуруу расположено в 22 км к востоку от поселка Кемпендяй Сунтарского района республики Саха, на правом склоне долины руч. Курун-Юрях в отрогах одноименного небольшого хребта. В структурном плане месторождение располагается на юго-восточном борту Таас-Туусской солянокупольной антиклинальной структуры, где расположены четыре пласта цеолитизированных туфов.

В геологическом строении территории принимают участие девонские вулканогенно-осадочные отложения кемпендяйской свиты ( $D_3km$ ) и верхнедевонско-нижнекаменноугольные терригенные отложения курунгюряхской свиты ( $D_3-C_1kr$ ), к которым и приурочена продуктивная толща цеолитов [2, 4] (рис. 1). Кемпендяйская свита ( $D_3km$ ) представлена пестроцветными вулканогенно-терригенно-карбонатными породами. Свита подстилается пластом каменной соли и согласно покрывается сероцветными образованиями верхнедевонско-нижнекаменноугольного возраста. Мощность вскрытой части кемпендяйской свиты в разрезе составляет 174 м. В разрезе свиты выделяют первый и второй пласты цеолитовых туфов. Курунгюряхская свита ( $D_3-C_1kr$ ) согласно залегает на образованиях верхнего девона. Мощность изученной части 166.3 м. В разрезе свиты выделяются третий и четвертый пласты цеолитовых туфов. Основная часть разреза сложена карбонатными породами.

Всего на месторождении Хонгуруу выделяются четыре основных пласта цеолитовых туфов. Пласты имеют северо-восточное простирание и моноклинально погружаются под углом 25-45°. Мощность пластов колеблется от 5.6 до 11 м, они залегают согласно с вмещающими породами. Запасы месторождения категории  $B+C_1$  составляют 11.4 млн т [2, 4].

Макроскопически встречаются цеолиты серо-зеленые и бежевые с тонко- и толстоплитчатыми массивными текстурами. Микроскопически породы представляют собой витрокластические и кристалловитрокластические туфы, почти полностью замещенные скрытокристаллическими изотропными минералами цеолитового ряда. При проведении исследования методом сканирующей электронной микроскопии было обнаружено, что зеленые цеолиты имеют однородную плотную структуру, а бежевые разности – рыхлое и пористое строение с туфогенной структурой.

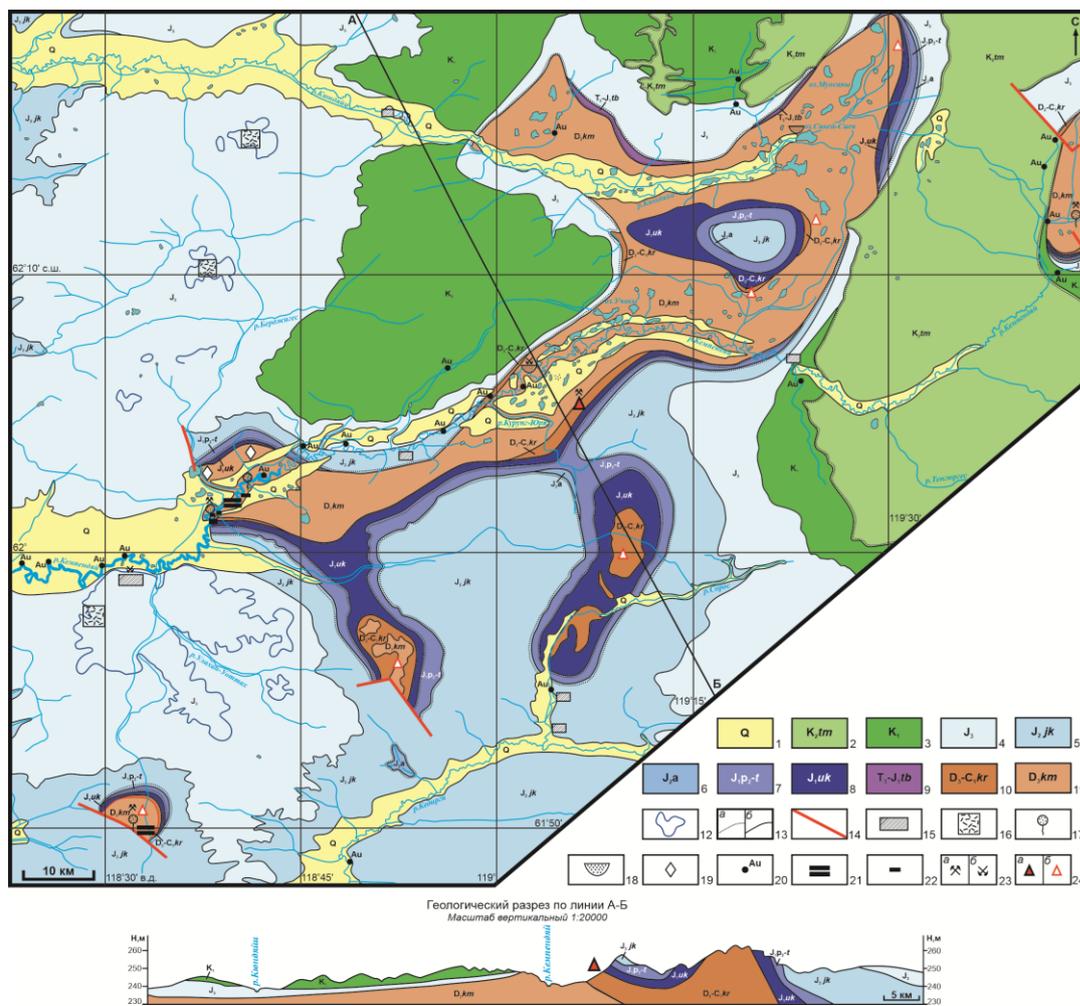


Рис. 1. Геологическая карта района месторождения Хонгуруу [3]. Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения нерасчлененные; 2-3 – терригенные отложения мелового возраста: 2 – тимердахская свита, 3 – нерасчлененные отложения; 4-8 – терригенные отложения юрского возраста: 4 – нерасчлененные отложения, 5 – якутская свита, 6 – ааленский ярус, 7 – верхнеплинбасхский подъярус-тоарский ярус, 8 – укугутская свита; 9 – верхнетриасово-нижнеюрские терригенные отложения табасындской свиты; 10 – верхнедевонско-нижнекаменноугольные терригенные отложения курунгурыхской свиты; 11 – девонские вулканогенно-осадочные отложения кемпендяйской свиты; 12 – маркирующий горизонт (горелые породы); 13 – границы залегания отложений: а – несогласного, б – нормального; 14 – тектонические нарушения установленные; 15-24 – проявления полезных ископаемых: 15 – бурый уголь, 16 – горелые породы, 17 – соляные источники и рассолы, 18 – поваренная соль, 19 – гипс, 20 – шлиховые пробы, содержащие Au, 21 – грязи лечебные, 22 – глины, 23 – месторождения: а – эксплуатируемые, б – законсервированные, 24 – цеолиты: а – месторождения, б – проявления.

По минеральному составу выделяются как гейландит-клиноптилолитовые, так и преимущественно гейландитовые разновидности. Содержание цеолитов в породах колеблется в пределах 55-82%. Для преимущественно гейландитовых разновидностей характерно повышенное содержание стронция, который находится в виде обменных катионов в каналах минерала. В виде примесей встречаются смектит, слюдястые минералы, кварц и полевошпат.

По химическому составу цеолиты относятся к высококремнистой разновидности, соотношение кремнезема к глинозему составляет в среднем 5.6, что является характерным для минералов клиноптилолит-гейландитового ряда. По составу обменных катионов выделяют щелочные (Ca-Na) и щелочноземельные (Mg-Ca) цеолиты.

Основной задачей данного исследования было детальное изучение условий образования цеолитов месторождения Хонгуруу. Благодаря изучению палеогеографических карт [4] было установлено, что образование цеолитов происходило в мелководных морских прибрежных водах с повышенной соленостью, также с близлежащих Байкальских гор поступал терригенный и обломочный материал (рис. 2).

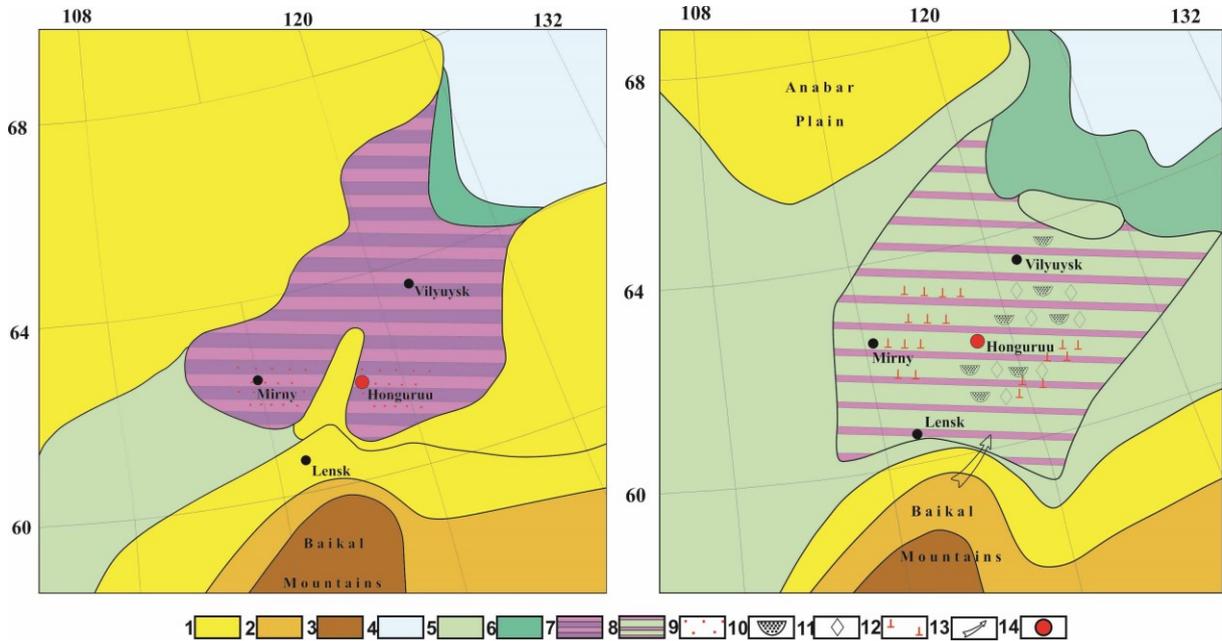


Рис. 2. Палеотектонические обстановки района месторождения Хонгуруу. Условные обозначения: 1 – равнина холмистая; 2 – равнина возвышенная, плато; 3 – горы высокие; 5 – равнина низменная аккумулятивная; 6 – равнина прибрежная, временами заливаемая морем; 7 – море внутреннее, озеро, залив с чередованием условий пониженной и повышенной солености; 8 – равнина прибрежная, временами заливаемая морскими водами с чередованием условий повышенной и пониженной соленостью; 9 – зона распространения вулканического пепла; 10 – первичная красноцветность отдельных прослоев; 11 – ангидриты и гипсы; 12 – каменная соль; 13 – вулканогенные образования излившиеся экструзивные и субвулканические; 14 – направление сноса обломочного и терригенного материала.

В соответствии с диаграммой Винчестера и Флойда, использующей соотношения неподвижных микроэлементов (Ti, Nb, Zr, Y) [6], был определен состав исходных материнских туфов и пеплов, по которым образовывались цеолиты. Материнские породы имеют кислый и средний состав и представлены риодацитами и трахиандезитами (рис. 3). В периоды активизации вулканической деятельности в регионе и регрессии моря пепловый материал образовывал туфопесчаники и туфоалевролиты. В периоды затопления района исследований прибрежными морскими водами с повышенной соленостью происходила цеолитизация пеплового материала. Также в образцах цеолитов присутствуют туфогенные текстуры и акцессорные рудные минералы (магнетит, галенит) и неметаллические тяжелые минералы (циркон, монацит, апатит), характерные для вулканогенной деятельности. Об образовании цеолитов по вулканогенному материалу в прибрежных соленых водах свидетельствуют коренные выходы гипса и каменной соли в районе месторождения, а также реликты вулканического стекла в образцах цеолитов.

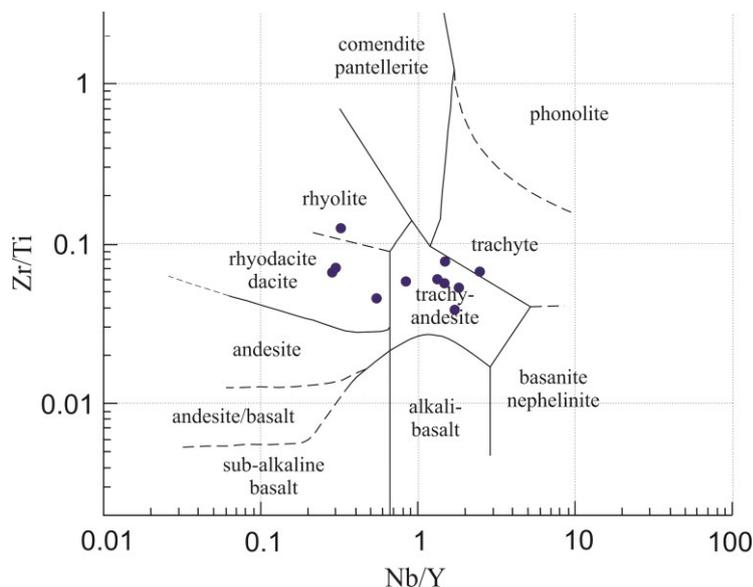


Рис. 3. Проекция цеолитов Хонгуруу на диаграмму Винчестера и Флойда [6].

### Выводы

Цеолиты месторождения Хонгуруу имеют вулканогенно-осадочный генезис и образовались в результате цеолитизации пеплового материала в мелководных морских прибрежных водах с повышенной соленостью. Исходные материнские породы, по которым образовались изучаемые цеолиты, имеют кислый и средний состав и представлены риодацитами и трахиандезитами. В образцах цеолитов присутствуют туфогенные текстуры и акцессорные рудные и неметаллические тяжелые минералы, характерные для вулканогенной деятельности. Также в районе месторождения присутствуют коренные выходы гипса и каменной соли, что свидетельствует об образовании цеолитов в прибрежных соленых водах. По минеральному составу выделяются две ассоциации цеолитов – клиноптилолит-гейландитовые и преимущественно гейландитовые, для которых характерно повышенное содержание стронция в каналах цеолита.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 22-77-10050 (<https://rscf.ru/project/22-77-10050/>).

Автор выражает благодарность генеральному директору ООО «СунтарЦеолит» П.М. Попову за возможность проведения полевых работ на месторождении Хонгуруу.

### Список литературы

1. Белоусов П.Е., Чупаленков Н.М., Карелина Н.Д., Крупская В.В. Геолого-структурная позиция месторождений бентонита и цеолита России // Новое в познании процессов рудообразования. Породо-, минерало- и рудообразование: достижения и перспективы исследований. ИГЕМ, 2020. С. 826-830.
2. Колодезников К.Е., Новгородов П.Г., Матросова Т.В., Степанов В.В. Кемпендяйский цеолитоносный район. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. 68 с.
3. Петрова А.И., Старыгина Т.Т., Николаев А.В. Геологическая карта района работ. К отчету по результатам детальной разведки месторождения цеолитов Хонгуруу. Геолком РФ ЯРГЦ. 1993.
4. Познер В.М. Атлас литолого-палеогеографической карты СССР. Т. II. 1969. 68 с.
5. Сафронов А.Ф., Колодезников К.Е., Уаров В.Ф. Полезные ископаемые Сунтарского района и перспективы их промышленного освоения // Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. С. 49-57.
6. Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements // Chemical Geology. 1977. V. 20. P. 325-343.