

Мухальское месторождение нефелиновых руд

А.О.Шаракшинов, Т.Т.Врублевская

В последние годы в связи с расширением области использования алюминия его производство значительно увеличилось. Как известно, источником металлического алюминия является глинозем. В настоящее время во всем мире глинозем получают из бокситов.

В России основные запасы бокситов находятся в ее европейской части. В Сибири, несмотря на многолетние целенаправленные поиски, не открыто ни одного крупного месторождения бокситов, а имеющиеся небольшие по запасам Центральное, Боксонское, Барзасское, Салаирская группа и др. из-за низкого качества и удаленности от экономически освоенных районов пока не представляются реальными объектами для эксплуатации. Доставка на сибирские алюминиевые заводы глинозема из европейской части России значительно увеличивает себестоимость конечной продукции.

Следовательно, для районов Сибири ликвидация дефицита глинозема возможна на сегодняшний день только за счет извлечения его из небокситового алюминиевого сырья: нефелиновых руд, дистен-силлиманитовых сланцев, алунитов, аллитов, давсонитов, каолинов, алюминитов, сынныритов и др.

Достижение рентабельности производства глинозема на Ачинском комбинате, перерабатывающем богатые нефелиновые уртиты Кия-Шалтыря, выдвинуло нефелиновые руды для районов Сибири наиболее реальным минеральным сырьем для его производства.

В настоящее время в Сибири известно несколько десятков массивов, сложенных уртит-якупирангитовыми породами, они локализованы преимущественно в складчатом обрамлении Сибирской платформы (Кузнецкий Алатау, Присаянье, Сангиленское нагорье, Витимское плоскогорье, Енисейский кряж, Алданский щит и др.).

Однако на сегодняшний день только небольшая часть из этих массивов может рассматриваться как сырьевая база глиноземной промышленности. Это обусловлено тем, что многие из них по качеству не могут квалифицироваться как нефелиновые руды, отвечающие требованиям глиноземной промышленности, или расположены в труднодоступных горно-таежных районах.

В настоящее время разрабатывается только Кия-Шалтырское месторождение нефелиновых руд, содержащих в среднем 40,5% SiO_2 , 26,7% Al_2O_3 , 7,9% CaO , 12,9% R_2O и суммарного железа не более 5% (Данциг и др., 1988). В качестве резервного сырья для комбината запланирована разработка Горячегогорского и Тулульского месторождений тералитов, отнесенных к нефелиновым рудам второго сорта (Данциг, Шморгуленко, 1978).

В Сибири проведены предварительные разведочные работы по оценке запасов и качества нефелиновой руды на Баянкольском месторождении в

Юго-Восточной Туве. Месторождение крупное по запасам, руды по качеству хуже кия-шалтырских, но горно-технические условия эксплуатации хорошие. К сожалению, значительная удаленность его от экономически освоенных районов отодвигает перспективу разработки Баянкольского месторождения на более отдаленный срок.

В Сибири открыто еще одно месторождение нефелиновых руд - Мухальское, расположенное в Забайкалье, в 120 км к северо-востоку от строящегося Озерного ГОКа. По результатам технологического опробования и разведочных работ нефелиновые руды относятся к разряду высококачественных, сопоставимых с кия-шалтырскими, а по запасам месторождение расценивается как крупное. Большие запасы, высокое качество руд и незначительная удаленность от строящихся объектов Озерного ГОКа создают благоприятные условия для создания в Сибири нового центра минерально-сырьевой базы глиноземной промышленности на основе разработки нефелиновых руд Мухальского месторождения.

Мухальское месторождение расположено на Витимском плоскогорье, в 220 км северо-западнее Читы (рис.1). Оно связано с одноименным щелочным массивом, залегающим среди карбонатных пород, и по всему периметру перекрытым толщей осадочно-вулканогенных пород неогена.

Вскрытая эрозией часть массива была обнаружена в 1962 г. В.Н.Гусевым во время геолого-съёмочных работ. Поисковые работы, проведенные в 1963 г. И.В.Попковым и Е.С.Пигаревым, показали, что в эрозионном "окне" размером 200-400x1500 м обнажаются щелочные породы уртит-якупирангитовой серии.

В 1965-1966 гг. щелочные породы этого массива изучались нами. Было установлено, что в распространении пород существует определенная зональность. Уртиты, обнажающиеся в южной половине вскрытой эрозией части массива, к северу постепенно переходят в ийолиты и далее в мельтейгиты. Также было выявлено наличие ксенолитов известняков, скарнированных в приконтактных частях, частая смена разновидностей щелочных пород с массивной и атакситовой текстурами (Шаракшинов, 1971).

В 1975 г. Межведомственным совещанием по проблеме нефелинового сырья по нашему предложению было рекомендовано ВАМИ проведение технологических исследований ийолитов и уртитов Мухальского и Нижне-Бурульзайского массивов с целью оценки их пригодности в качестве минерального сырья для производства глинозема. Положительные результаты этих исследований позволили проведение на этих массивах, в первую очередь на бо-

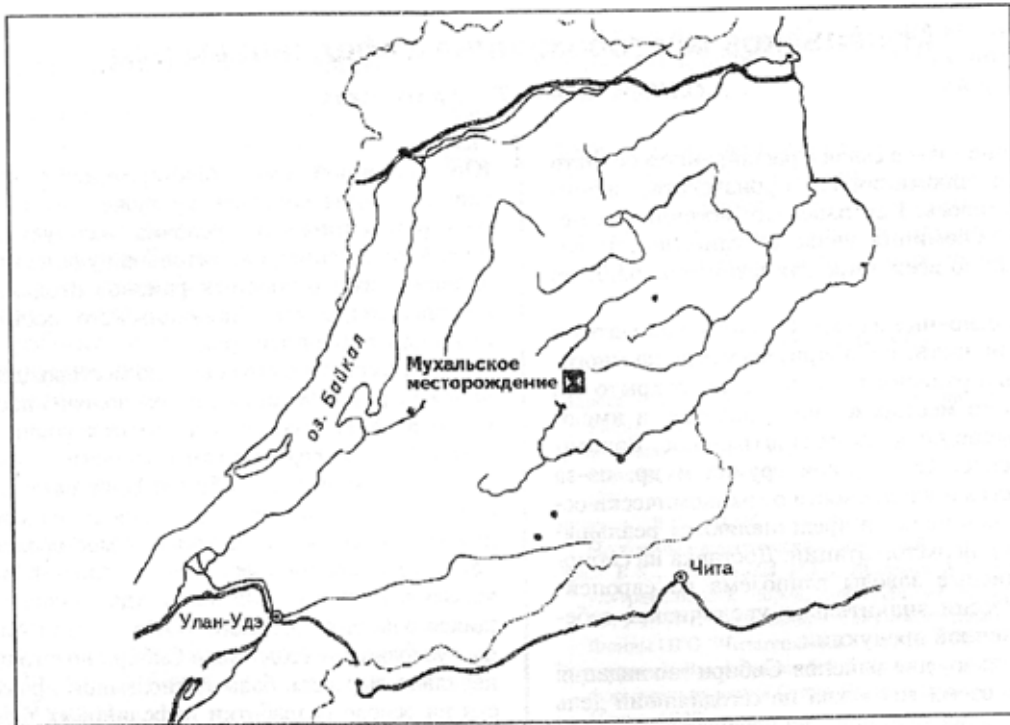


Рис.1 Схема размещения Мухальского месторождения

лее крупном Мухальском, в 1977-1985 гг. поисково-оценочных и предварительных разведочных работ под руководством Н.А.Морозова и А.В.Лахнюка.

Результаты поисково-оценочных и разведочных работ позволили оценить запасы и качество нефелиновых руд, их текстурно-структурные особенности и вещественный состав.

Научно-исследовательскими работами установлены масштабы развития щелочного магматизма на Витимском плоскогорье, выявлены закономерности размещения массивов щелочных пород и составлена вероятная генетическая модель уртитообразования.

В настоящее время в этом регионе известно свыше 20 массивов нефелиносодержащих пород. Все они небольших размеров, их пространственная локализация определяется приуроченностью к узкой протяженной зоне глубинных разрывных нарушений, разграничивающих жесткие блоки карельского возраста от относительно подвижных зон, стабилизированных в каледонское время. Для всех массивов характерны автономия, отсутствие пространственной связи со щелочно-земельными породами, интрузивные контакты с породами рамы.

Возраст щелочных пород в 277-394 млн лет, определенный геохронологическими методами, свидетельствует о том, что щелочные массивы имеют сложную и длительную историю формирования, включающую несколько этапов магматической и метасоматической деятельности (Андреев, Шаракшинов, 1967; Андреева, 1982; Конев и др., 1975; Шаракшинов и др., 1991).

Щелочные породы, объединенные в сайжинский комплекс, отличаются большим разнообразием пет-

рографических разновидностей (пироксениты, габбро, якупирангиты, мельтейгиты, ийолиты, уртиты, ювиты, нефелиновые и щелочные сиениты, щелочные граниты и породы метасоматического генезиса - канкринитовые и либнеритовые сиениты, конгресситы, личфильдиты, мариуполиты). Все щелочные породы характеризуются миаскитовым типом химизма, преобладанием железа над магнием, а в составе щелочей - натрия над калием (Шаракшинов, 1984). Перечисленные породы в полном объеме не встречаются ни в одном из массивов. Лишь в сравнительно крупных (свыше 20 км²) плутонах отмечается сравнительно широкое разнообразие петрографических разновидностей.

Установлено, что распространение тех или иных разновидностей щелочных пород зависит от литологического состава вмещающей рамы, в пределах которой сформирован тот или иной массив.

Большинство щелочных массивов залегают среди гранитоидов и кремнисто-слюдистых сланцев, они сложены щелочными сиенитами и гранитами, граносиенитами; нефелиновые сиениты среди них занимают небольшие объемы, а уртит-якупирангитовые породы вообще не встречаются.

Сравнительно крупные (свыше 20 км²) массивы, залегающие в гетерогенной толще (известняки, габбро, граниты, песчаники), содержат в своем составе как уртит-якупирангитовые породы, так и сиениты, в том числе нефелиновые.

Небольшие по размеру Инолоктинский, Нижне-Бурульзайский, Гулхенский и Мухальский массивы, сформированные среди карбонатных пород, почти в полном объеме сложены уртит-якупирангито-

выми породами. Из этих массивов наиболее крупным является Мухальский, сложенный преимущественно уртитам и ийолит-уртитам. Разведочными работами на Мухале установлено, что в эрозионном "окне" обнажается лишь наиболее возвышенная северо-восточная часть массива, а основная площадь его перекрыта переслаивающейся толщей неогеновых базальтов и озерных отложений, мощность которой увеличивается до 280 м на юг в сторону Джилдинской впадины.

Массив шириной около 2,0 км с северо-запада и юго-востока контактирует с известняками верхнепротерозойского (?) возраста, длинной осью ориентирован на северо-восток, т.е. совпадает с простиранием глубинного разлома, контролирующего его размещение. С северо-востока и юго-запада он не оконтурен, крайние в этих направлениях скважины, находящиеся друг от друга в 3,8 км, остановлены в урритах. По данным геофизических работ протяженность массива предположительно достигает 6,5-7,0 км.

Разведочными и научно-исследовательскими работами выявлено, что Мухальский массив имеет сложное внутреннее строение. Среди урритов и ийолит-урритов, составляющих основной объем массива, наблюдаются разного размера ксенолиты известняков, с различной степенью интенсивности скарированных. На пробуренной до глубины 400,0-656,5 м части массива ксенолиты известняков встречены на всех гипсометрических уровнях без каких-либо закономерностей в распространении. Небольшие по размеру ксенолиты полностью превращены в скарны, а крупные - скарированы в экзоконтактовых частях.

Урриты и ийолиты-урриты макроскопически светло-серые, серые, темно-серые, мелко- и среднезернистого сложения, массивной, реже полосчатой текстуры. В приконтактовых частях со скарнами и ксенолитами известняков в урритах и ийолит-урритах отмечаются пятнистые и атакситовые текстуры, обусловленные пятнисто-полосчатыми обособлениями зерен то нефелина, то темноцветных минералов. Содержание нефелина колеблется от 50-60% в ийолит-урритах до 70-80% в урритах. Пироксен в этих породах представлен геденбергитом, а амфибол феррогастингситом. В аксессуарных количествах присутствуют апатит, сфен, гранат, кальцит, пирротин.

Для урритов, ийолит-урритов и ийолитов характерны вариации в содержании породообразующих минералов. Изменения количественных соотношений минералов отражаются на пределах колебаний основных петрогенных окислов в породах. Так, в урритах пределы содержания составляют, %: SiO_2 - от 36 до 38, TiO_2 - от 0,2 до 3, Al_2O_3 - от 22 до 27, Fe_2O_3 - от 3 до 4, FeO - от 1 до 2, MgO - от 0,2 до 1,5, CaO - от 8 до 12, Na_2O - от 9 до 12, K_2O - от 2 до 3; в ийолитах - SiO_2 - от 38 до 41, TiO_2 - от 0,6 до 0,8, Al_2O_3 - от 17 до 19, Fe_2O_3 - от 4 до 7, FeO - от 4 до 5, MgO - от 0,2 до 3, CaO - от 13 до 15, Na_2O - от 6 до 7, K_2O - от 2 до 5.

Среди урритов и ийолит-урритов встречаются шлировидные и жиллообразные обособления, линзы, пятна мезократовых пород, близких по составу к ийолитам и мельтейгитам, а также маломощные зоны пироксен-амфибол-кальцитовых и амфибол-кальцитовых пород с нефелином и без него, редкие жилы нефелиновых сисенитов, дайки сисенитов и камптонитов (рис.2).

По содержанию основных компонентов урриты и ийолит-урриты Мухала отвечают требованиям глиноземной промышленности (Дандиг, Шморгуленко, 1978) как сырье для производства глинозема, содопродуктов, цемента, т.е. могут считаться безотходными комплексными нефелиновыми рудами. По содержанию глинозема руды Мухала подразделяются на два типа: урритовые - с содержанием 25-28% глинозема, ийолит-урритовые и ийолитовые - с содержанием 19-25% глинозема. Запасы обоих типов руд, подсчитанные по категории С₁ и С₂ до глубины 400 м при средних содержаниях 25,1% глинозема, 39,2% кремнезема, 5,0% суммарного железа и 14,0% суммы щелочей, оцениваются в 490 млн т только в центральном и южном блоках, выделенных по бортовому содержанию 19,0% глинозема. В целом же по месторождению запасы, включая прогнозные, оцениваются в 882,0 млн т.

Затруднительность селективной разработки месторождения из-за пестроты состава руд вызывает необходимость их предварительного обогащения методом магнитной сепарации. Институтом "Механобр" из валовых проб мухальских руд получен нефелиновый концентрат с эффективностью извлечения порядка 87%, содержащий 28-30% глинозема, 12-15% щелочей, 9,2% окиси кальция, 0,5% железа, и с величиной щелочного модуля 0,88-0,93. По заключению технологов, руды Мухала легкообогатимы и пригодны как высококачественное сырье для производства глинозема, содопродуктов и цемента.

Созданию нового центра глиноземной промышленности в Сибири на основе разработки Мухальского месторождения нефелиновых руд благоприятствует находка вблизи Мухала крупного месторождения высококачественных известняков, пригодных для спекания их с рудой, а также наличие в 26 км от будущего глиноземного комбината Нижне-Бурульзайского массива уртит-якупирангитовых пород. Из этих пород в институте "Механобр" получен высококачественный нефелиновый концентрат, что позволяет его расценивать как резервное для комбината месторождение.

Институтами ВАМИ и "Гипроникель" составлено ТЭО строительства Мухальского и Сириктинского ГОКов с производительностью 3,5 млн т руды и 5,0 млн т известняка и глиноземного комбината мощностью 650 тыс.т глинозема, 454 тыс.т кальцинированной соды, 323 тыс.т калий-фосфорных удобрений, 3,3 млн т цемента М-400.

Поскольку это будет крупное предприятие с длительным сроком эксплуатации, необходимо иметь вблизи резервные месторождения нефелиновых руд. Нам представляется необходимым для целенаправ-

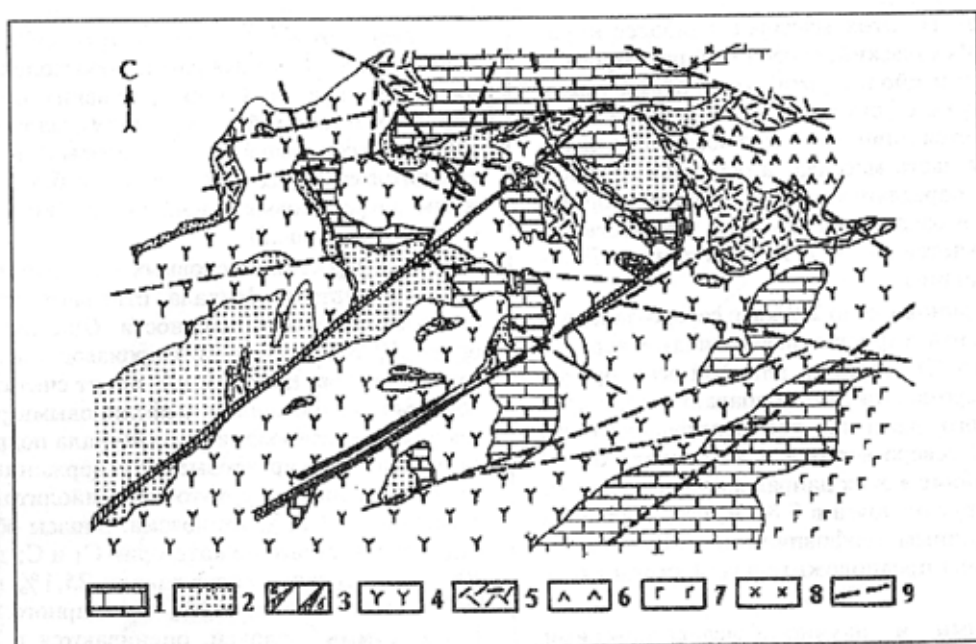


Рис. 2. Схема геологического строения Мухальского массива
(по А.В.Лахиноку и Н.А.Морозову):

1 — известняки; 2 — скарны; 3 — дайки: а — габброидов, б — сиенитов; 4 — уртиты; 5 — ийолиты; 6 — мельтейгиты; 7 — габбро-диориты; 8 — диориты и гранодиориты; 9 — разломы

ленных поисков выявить закономерности размещения массивов нефелиносодержащих пород и составить генетическую модель уртитообразования.

На сегодняшний день нашими исследованиями установлено, что все имеющиеся на Витимском плоскогорье щелочные массивы приурочены к зоне глубинных разломов, разграничивающих крупные структурно-формационные блоки. Уртит-якупирангитовые породы обнаружены только в тех массивах, которые сформированы в толще высокоосновных карбонатных пород.

На основе имеющегося фактического материала по щелочному магматизму мы предлагаем как один из возможных вариантов нижеследующую генетическую модель уртитообразования.

Изотопные отношения Sr^{87}/Sr^{86} , определенные по валовым пробам и бескальцевым минералам пород Мухала и равные 0,7064-0,70818 (Шаракшинов и др., 1991), а также Rb/Sr отношения, равные 0,07-0,09, согласно Дж.Пауэллу и К.Бэллу (Пауэлл, Бэлл, 1976), указывают на формирование щелочной магмы в верхней мантии. Мы предполагаем, что первичная щелочная магма генерировалась в верхней мантии в результате поступления туда щелочей из более глубоких горизонтов по разломам, проникающим вглубь мантии.

Приоткрывшиеся в периоды тектономагматической активизации глубинные разломы, очевидно, вызвали резкое снижение давления на этих участках. Перепад давления способствовал проникновению щелочной магмы и мантийных флюидов вдоль разломов в верхние структурные этажи. Интрателлурические потоки высокотемпературных флюидов,

по Д.С.Коржинскому, Ю.А.Кузнецову и Э.П.Изоху, благодаря постоянному подтоку из мантии на всем пути продвижения расплава и достижению им определенного уровня земной коры, способствовали сохранению высокой температуры в магматическом очаге. Насыщенная летучими, щелочами и амфотерными окислами высокотемпературная щелочная магма вступала в активное инфильтрационное взаимодействие с компонентами пород рамы, полностью ассимилируя небольшие ксенолиты известняков и скарнируя краевые зоны крупных блоков. На масштабы этого процесса большое влияние оказывали контрастность составов расплава и пород рамы, длительность сохранения расплавом высокой температуры и активности потенциалов щелочей и летучих.

При формировании магматической камеры в карбонатной толще, как, например, на Мухале, расплав, вступая в реакцию с известняками, насыщается окисью кальция.

К сожалению, мы не знаем истинных температур и физико-химических условий, при которых происходила диссоциация кальцита. Но, судя по насыщенности кальцием породообразующих минералов ийолит-уртитовых пород, этот процесс был довольно активным на Мухале.

В силу кислотно-основного взаимодействия (Коржинский, 1959) насыщенность щелочного расплава кальцием вызывает активность железа как более слабого основания, что в конечном итоге приводит к одновременной кристаллизации нефелина, железно- и кальцийсодержащих пироксена и амфибола, т.е. основных породообразующих минералов уртит-ийолитовых пород. Судя по температурам гомо-

генизации первичных газовой-жидких включений в нефелине и пироксене, ийолит-уртитовые породы Мухала образуются в интервале температур 680-875 °С.

О продолжающемся еще некоторое время поступлении флюидов из первоначальной магматической камеры и мантии в консолидированный уже щелочной массив свидетельствует широкое развитие здесь метасоматических процессов. Гидротермальные растворы, насыщенные натрием, в условиях дефицита кремнезема вызвали интенсивную нефелинизацию.

Нефелинизации подверглись только породы, содержащие силикатные минералы, т.е. щелочные породы и скарны. В результате нефелинизации значительно увеличен (до 73%) объем пород уртитового состава, а скарны приобрели состав ийолита и ийолит-уртита (Шаракшинов, 1984). Метасоматические породы ийолит-уртитового состава от магматических разновидностей отличаются текстурно-структурными особенностями, широкими вариациями в содержании основных петрогенных окислов и составом минералов. В частности, метасоматический нефелин отличается упорядоченностью структуры, высоким содержанием нефелинового минерала и отсутствием анортитовой составляющей, насыщенностью рубидием и бедностью стронцием (Врублевская, 1992).

Процесс нефелинизации, судя по результатам гомогенизации газовой-жидких включений в нефелине, развивался при температурах раствора в пределах 375-475 °С.

Все вышесказанное позволяет считать Мухальское месторождение со значительными запасами высококачественных нефелиновых руд одним из наиболее перспективных источников глиноземсодержащего сырья в Сибири.

Литература

- Андреев Г.В., Шаракшинов А.О. Новые данные о возрасте комплекса ультраосновных щелочных пород на Витимском плоскогорье // ДАН СССР. - 1967. - Т.174. - № 4. - С.937-940.
- Андреева Е.Д. Особенности и время формирования некоторых массивов щелочно-габброидной ассоциации Витимского плоскогорья // Петрология и рудоносность природных ассоциаций горных пород. - М.: Наука, 1982. - С.253-262.
- Врублевская Т.Т. Стадийность формирования Мухальского щелочного массива (Забайкалье). - Новосибирск: Наука, 1992. - 132 с.
- Данциг С.Я., Шморгуненко Н.С. Критерии оценки качества нефелиновых пород как комплексного глиноземосодержащего сырья // Нефелиновое сырье. - М.: Наука, 1978. - С.172-177.
- Данциг С.Я., Андреева Е.Д., Пиповаров В.В., Аман Э.А., Шморгуненко Н.С., Туголесов Л.Д. Нефелиновые породы - комплексное алюминиевое сырье. - М.: Недра, 1988. - 190 с.
- Конов А.А., Черненко А.И., Фелелов Н.Н. и др. Калий - аргонный возраст нефелиновых пород Прибайкалья // Геология и геофизика. - 1975. - № 4. - С.141-146.
- Коржинский Д.С. Кислотно-основное взаимодействие компонентов в силикатных расплавах и направление котектических линий // Докл. АН СССР. - 1959. - Т.128. - № 2. - С.383-386.
- Пауэлл Дж. и Бэлл К. Изотопный состав стронция в щелочных породах // Щелочные породы. - М.: Мир, 1976. - С.278-288.
- Шаракшинов А.О. Петрохимические особенности щелочных пород Сайжинского комплекса (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. - 1984. - № 9. - С.70-78.
- Шаракшинов А.О. Мухальское месторождение - новый генетический тип нефелиновых руд // Геол.руд.-м.-ний. - 1984. - № 1. - С.89-92.
- Шаракшинов А.О., Посохов В.Ф., Шалагин В.Л. и др. Рубидий-стронциевый возраст щелочных пород Витимского плоскогорья (Западное Забайкалье) // Магматизм, метаморфизм и рудоносность подвижных областей. - Улан-Удэ, 1991. - С.160-168.
- Шаракшинов А.О. Мухальский щелочной массив (Витимское плоскогорье) // Вопросы геологии Бурятии. - Улан-Удэ: Бургеиз, 1971. - С.94-102.

* * *