

УДК 550.8.054

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАБАЙКАЛЬСКИХ НЕДР НА БОРНОЕ СЫРЬЕ

PROSPECTS OF SUBSOIL OF TRANSBAIKAL REGION ON BORON RAW MATERIALS



С.А. Патеев,
Центр гигиены и эпидемиологии
в Забайкальском крае, г. Чита
nesvik@gmail.com

S. Pateyuk,
Center for Hygiene and
Epidemiology in the Transbaikal
Territory, Chita



А.Н. Хаткова,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
alisa1965.65@mail.ru

A. Khatkova,
Transbaikal State University,
Chita



Н.Н. Бурнашова,
Забайкальский
государственный
университет, г. Чита
BurnashovaNN@mail.ru

N. Burnashova,
Transbaikal State University,
Chita

Отмечено, что бор является достаточно распространённым элементом в Забайкальском крае, однако в большинстве случаев находится в виде минерала турмалина, который ввиду сложной технологии переработки не используется в качестве борного сырья. Проведен анализ научной литературы о месторождениях Забайкальского края, содержащих борные минералы. Выявлено, что в Забайкалье присутствуют проявления лудwigита, аксинита, ашарита и датолита. Самыми крупными из них являются «Железный кряж», Культуминское, Быстринское. Содержание оксида бора в минералах этих месторождений достигает 16 %. Также небольшие проявления бора найдены в месторождениях Дмитриевское, Никольское (Доннинское) и Савинское № 5, в которых содержание оксида бора колеблется в пределах 2...6 %. Озеро Цаган-Нур (Цаган-Нур) является единственным в Забайкальском крае представителем месторождений бора поверхностного типа. Сделан вывод, что Забайкальский край имеет перспективы для изучения и добычи борных минералов

Ключевые слова: бор, минералы, «Железный кряж», Культуминское, Быстринское, оксид бора, лудwigит, аксинит, ашарит, датолит

Boron is enough common element in the Transbaikal region, but in most cases is in the form of mineral tourmaline, which due to the complex technology of processing is not used as boron mineral. The analysis of the literature devoted to the deposits of the Transbaikal region containing boron minerals was carried out. It was found that ludwigite, axinite, asharite and datolite are situated in the Transbaikal region. The largest of these are the «Zhelezny kryazh» Kultuminskoye, Bystrinskoye. The content of boron oxide in minerals of these deposits reaches 16. Just a small manifestation of boron was found in the fields Dmitrievskoye, Nikolskoye (Donninskoye) and Savinskoye no. 5; content of boron oxide in these deposits ranges from 2...6 %. Lake Tsagaan-Nor (Tsagaan Nur) is the only representative surface field of boron minerals in the Transbaikal region. It was concluded that the Transbaikal region has prospects for the study and production of boron minerals

Key words: boron, minerals, Zhelezny kryazh, Kultuminskoye, Bystrinskoye, boron oxide, ludwigite, axinite, asharite, datolite

Свойства бора, обусловленные положением в периодической системе элементов Д.И. Менделеева, определяют его распространённость и поведение в природе. Он обладает высоким сродством к аниогенным элементам, в первую очередь к кислороду и фтору, поэтому в свободном виде в природе не встречается, а находится почти исключительно в виде кислородных (на много реже – фтористых) соединений.

Бор в небольших количествах (доли процента) вводят в сталь и некоторые сплавы для улучшения механических свойств. Поверхностное насыщение стальных деталей бором до глубины 0,1...0,5 мм (борирование) улучшает механические свойства и коррозионную стойкость [7]. В последнее время волокна из бора все более широко применяют в качестве упрочнителя в композиционных материалах [1]. Благодаря способности изотопа ^{10}B поглощать тепловые нейтроны, его применяют для изготовления регулирующих стержней ядерных реакторов [8].

Широкая запрещенная зона, большой температурный коэффициент электросопротивления, а также необходимые контактные свойства делают бор перспективным для применения в термисторах. Бор используется для изготовления нейтронных термометров и сопротивлений с высоким температурным коэффициентом, а также в качестве окон, прозрачных для инфракрасного излучения. Газообразный BF_3 применяют в счетчиках нейтронов. Бор и его соединения – нитрид BN , карбид B_4C , фосфид BP [9] и другие [10] – применяют как диэлектрики и полупроводниковые материалы. Широко используются борная кислота и ее соли, прежде всего бора.

Промышленные запасы борных руд сконцентрированы в семи странах мира, что предопределяет их дефицитность и высокие цены на борную продукцию, имеющие постоянную тенденцию к повышению.

Единственным производителем борного сырья на территории Российской Федерации является ЗАО «Горно-химическая компания Бор» [3], которая находится в Дальнегорске. Борное развитие такой сфе-

ры применения, как производство продукции высоких технологий (печатное плато, TFT- и LCD-мониторы, телевизоры и пр.), для которых требуется борная кислота только самого высокого качества, способствует повышению интереса к борному сырью [5]. Тем не менее, рынок борного сырья ограничен несколькими странами (Россия, Турция и США). В связи с географическим расположением и осложнившейся политической ситуацией основные потребители боропродуктов (Китай, Япония, Южная Корея) могут обратить внимание на российский рынок, что поможет существенно увеличить спрос на борное сырье. В связи с этим перспективным выглядит изучение новых источников борного сырья и развитие технологии его переработки и обогащения.

В пределах Российской Федерации известно множество пунктов проявления повышенных концентраций бора, причем наибольшее количество их принадлежит месторождениям турмалина. Сложная технология переработки турмалина и невысокие содержания в нем бора (содержание B_2O_3 в чистых турмалинах едва достигает 10 %, составляя обычно 5...8 %) не позволяют эффективно использовать повышенные концентрации турмалина в качестве борного сырья.

В последнее время ведется разведка и оценка месторождений бора в Оренбургской [4] и Астраханской областях [6].

На территории бывшего СССР месторождения борных руд представлены следующими типами:

- 1) месторождения магматогенные;
- 2) месторождения поверхностного происхождения, среди которых по признаку промышленного значения выделяют следующие три группы:

1) бор находится в концентрированном состоянии и имеет промышленное значение (Индерское месторождение, Казахстан);

2) бор находится в рассеянном состоянии. Это боросодержащие грязи и воды, нефтяные воды, рапа (рассол) соляных озер и ископаемые соляные залежи;

3) боропроявления, представленные незначительными по объему скопления-

ми минералов бора, которые иногда могут служить поисковыми признаками на месторождения бора.

Нами изучены отчеты Читинского геологического управления по месторождениям Забайкальского края, где найдены проявления бора.

В Забайкальском крае известны три основных бороносных месторождения.

Магнетитовое месторождение «Железный кряж» находится в Калганском районе, в 40 км к северу от районного центра с. Калга.

Месторождение «Железный кряж» в бороносном отношении является весьма интересным объектом. В его пределах известно пять борных минералов: людвигит, ашарит, датолит, аксинит и турмалин.

Различные борные минералы установлены в четырех крупнейших залежах: Рудничной, Главной, Широкого Лога, Прямой. Кроме того, отдельные борные минералы обнаружены и в других более мелких залежах месторождения (г. Железная – аксинит, турмалин; падь «Дегтерка» и ряд других участков – в основном турмалин).

В залежи «Рудничная» установлены все перечисленные борные минералы. Наиболее широкое распространение имеет людвигит, вскрытый рядом поверхностных выработок и скважин. Он образует линзы, включения и прожилки, приуроченные к магнетитовым рудам. Людвигит обычно находится в тесном срастании с магнетитом и лишь в отдельных местах образует самостоятельные прожилки мощностью 2...3 мм. Содержание оксида бора в этих породах не превышает 9 % и колеблется в достаточно широких пределах (0...9 %).

Датолит является одним из ценных источников борного сырья. Теоретическое содержание оксида бора в нем составляет 21,8 %. В пределах залежи «Рудничная» датолит обнаружен впервые в 1955 г. По распространению датолитсодержащие породы прослежены на расстоянии 400 м. Мощность этих пород из-за плохого выхода керна точно установить не удалось, но, судя по мощности трещиноватых брекчированных пород, со-

держащих прожилки датолита, она может колебаться в пределах 4...13 м и более.

Аксинит в залежи «Рудничная» распространен довольно широко. Он наблюдается в виде отдельных скоплений и прожилков в плотных породах диопсид-плагноклазового, диопсидового и диопсид-эпидотового составов. Аксинит, благодаря низкому содержанию оксида бора (5...7 %) и трудности переработки (нерастворим в кислотах), не применяется как борное сырье. Однако на данном месторождении содержание оксида бора в аксините достигает 8,36 %, что может повысить к нему интерес как к борному сырью.

Турмалин в данной залежи имеет ограниченное распространение (мелкие включения в диопсидовых породах, в основном в ассоциации с магнетитом).

Ашарит присутствует в небольшом количестве в ассоциации с людвигитом (является продуктом его выветривания) и может быть использован совместно с людвигитом.

В залежи «Широкий Лог» установлены три борных минерала: людвигит, ашарит, турмалин. Практическое значение могут иметь только первые два, т.к. содержание оксида бора в турмалине данной залежи составляет 1 %.

В залежи «Главная» выявлено два борных минерала – аксинит и турмалин. Наиболее распространённым является аксинит, получивший широкое развитие в диопсидовых, диопсид-плагноклазовых и диопсид-эпидотовых породах в виде включений и прожилков. Турмалин приурочен в основном к участкам вкрапленных магнетитовых руд, где присутствует в виде включений в тесной ассоциации с магнетитом, а также в диопсидовых породах.

В залежи «Падь Прямая» обнаружен лишь один борный минерал – людвигит.

Практически ценными на месторождении «Железный кряж» являются людвигит с ашаритом, датолит и, возможно, аксинит. Турмалин практической значимости не имеет, т.к. больших скоплений не образует.

Култуминское месторождение находится на юго-востоке Забайкальского края, в Газимуро-Заводском районе, в 95 км се-

веро-восточнее районного центра с. Газимурский Завод. Бор выявлен здесь в составе магнетит-людовигит-ашаритовых руд.

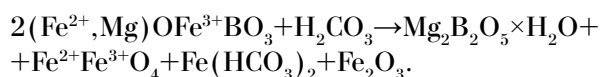
Магнетит-людовигит-ашаритовые руды встречаются на Ново-Култуминском участке, слагая южную часть рудного тела № 1 в виде линзовидного тела, подсеченного канавой № 1736.

Борные минералы — людовигит и ашарит встречаются на месторождении лишь совместно с магнетитом. Обособленных от магнетита борных руд выявлено не было.

Людовигит наблюдается в виде сноповидных и параллельно-волокнистых агрегатов, а также в виде одиночных удлинённых и неправильных зерен и небольших зернистых сростков с нерудными минералами.

Сноповидные и волокнистые агрегаты людовигита на отдельных участках пересекаются с образованием сетчатой структуры. Размер зерен людовигита по удлинению колеблется в пределах 0,1...9 мм. Отдельные крупные зерна людовигита разорваны и слабо изогнуты, а трещины разрыва выполнены магнетитом.

Встречаются участки, где среди поля сплошного магнетита наблюдаются идиоморфные включения людовигита. В большинстве зерен людовигита прослеживается хорошая спайность в направлении, перпендикулярном удлинению. Очень часто людовигит замещается агрегатом мелкочешуйчатого ашарита, образующим волокнистые, тонкоигольчатые или землистые бесструктурные массы. Удлиненные агрегаты ашарита располагаются вдоль удлинения вмещающего людовигита, замещение людовигита осуществляется по трещинам отдельности и направлениям спайности. Замещение людовигита ашаритом происходит под влиянием углекислых вод в эндогенных условиях по реакции



При этом образуются магнетит второй генерации и гематит, которые заполняют промежутки между зернами ашарита и людовигита. Магнетит количественно преобладает над гематитом.

Кроме таких аполодвигитовых руд, представленных ашаритом и гипергенным магнетитом, на месторождении выявлены магнетит-ашаритовые руды, в которых ашарит образовался непосредственно из гидротермальных растворов, а не в результате замещения людовигита.

С нерудными минералами ашарит образует тесные сростания и сложные взаимоотношения. Среди нерудных минералов преобладает серпентин, обычно замещающий ашарит. Кроме магнетита, людовигита и ашарита в названных рудах присутствуют пирит, халькопирит и гидроокислы железа. Их содержание составляет десятые и даже сотые доли процента.

В 75 км юго-западнее Култуминского месторождения расположено крупное Быстринское месторождение. Основными минералами на данном месторождении являются магнетит, ашаритизированный людовигит и серпентинизированный форстерит. Количественные соотношения этих трех главных минералов самые различные; в контуре бороносных руд состав рудных скарнов меняется от монолюдовигитовых до магнетитовых и форстеритовых (реже) с зернами людовигита. Наиболее распространенной разновидностью являются магнетит-людовигитовые породы, в которых содержание оксида бора составляет 4...8 %, железа — 40...48 %. Максимальное содержание оксида бора в монолюдовигитовых разновидностях составляет 16,4...16,6 %.

Людовигит представлен радиально-лучистыми и сноповидными агрегатами игольчатых и волокнистых кристаллов, почти нацело ашаритизированных. Это псевдоморфозы по людовигиту весьма мелкозернистого и тонкочешуйчатого ашарита и магнезита второй генерации, тесно сростшиеся между собой. По внешнему виду эти псевдоморфозы представляют плотную, исключительно вязкую породу характерного темного синевато-серого цвета. Менее ашаритизированные разновидности, встречающиеся редко, имеют более темную, почти черную окраску и слабый алмазный шелковистый блеск, в отличие от тускло-матовых ашаритизированных разновидностей. Чистый, не

ашаритизированный людовигит встречается крайне редко в виде реликтов.

На территории Забайкальского края выявлены также другие более мелкие месторождения борных минералов. Дмитриевское месторождение находится в 35 км от п. Усть-Карск, в верховье р. Кара. На этом месторождении борными являются кварц-турмалиновые жилы. Среднее содержание оксида бора равно 2,2 %.

Никольское (Донинское) месторождение известно с 1845 г., частично разрабатывалось на полиметаллы, находится на правом берегу пади Доно, в 4 км севернее с. Доно Калганского района. Людовигит имеет лишь минералогический интерес, а основным бороносным минералом является турмалин, присутствующий в катаклазитах мелкозернистого гранитоида в количестве до 5...15 %. Содержание оксида бора обычно низкое и редко достигает 2 %.

Месторождение Савинское № 5 расположено на северной окраине с. Кличка Приаргунского района Забайкальского края. Среди скарнов, расположенных непосредственно на контакте с диоритами, наблюдаются боросодержащие аксинит-гранатовые и аксинит-пироксеновые разности.

Количество аксинита в них колеблется в пределах 10...40 %. Через аксинитовые известковые породы, состоящие из карбоната и боросиликата – аксинита, скарны переходят в нормальные известняки. Кроме того, аксинит содержится в первичных полиметаллических рудах месторождения, являясь одним из главных минералов рудных залежей (более 20 %). Аксинит представлен тонкопластинчатыми дымчатыми, серыми или белыми прозрачными кристаллами, содержащими 5...6 % оксида бора.

Озеро Цаган-Нур (Цаган-Нур) является единственным в Забайкальском крае представителем месторождений бора поверхностного типа. Бор установлен качественным анализом в рапе озера. Озерные отложения на бор не исследовались. Озеро имеет площадь 3 км² и глубину 1,7 м. В засушливые годы оно пересыхает. Скорее всего, накопление бора в озере произошло за счет разрушения турмалиносодержащих пород, широко распространенных в Забайкалье.

В таблице представлены основные боросодержащие минералы, присутствующие на месторождениях Забайкальского края.

Борные месторождения Забайкальского края

Боросодержащие объекты	Основные борные минералы	Среднее содержание В ₂ O ₃ в рудах, %	Запасы в пересчете на В ₂ O ₃ , тыс. т
«Железный кряж»	Людовигит	4,6...8,4	500,0
	Датолит		
	Аксинит		
	Турмалин		
	Ашарит		
Култуминское	Людовигит	5,5...8,5	72,9
	Ашарит		
Быстринское	Людовигит	5,5	372,6
	Ашарит		
Дмитриевское	Турмалин	2,2	97,9
Никольское (Донинское)	Людовигит	2,0	–
Савинское № 5	Аксинит	5,0...6,0	–
Итого			1047,4

Таким образом, учитывая высокую востребованность борного сырья на мировом рынке, широкий спектр его применения, достаточность запасов в Забайкальском крае, можно сделать вывод о целесообразности

дальнейшего комплексного минералого-технологического изучения этого сырья с целью разработки рациональной технологии его переработки и обогащения.

Список литературы

1. Аккузина А.А., Бехтерева А.Д., Сайвутьяров Р.Р. [и др.]. Органический люминофор три-(8-оксихинолят) бора: получение и свойства // Успехи в химии и химической технологии. 2014. № 6 (155). С. 9–12.
2. Бахтин А.И., Нуриева Е.М. Статистические методы в геологии. Казань: Казанский университет, 2013. С. 140.
3. Закирова Ф.А., Лыгина Е.В., Красникова Е.В. [и др.]. Материалы Международной научно-практической конференции «Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений». Казань, 2015. С. 128–132.
4. Закирова Ф.А., Семенов Ф.В., Кириллова Р.З. Результаты опережающих биогеохимических и литогеохимических работ по оценке боросодержимости на Линевской площади в Оренбургской области // Геосурсы. Казань. 2015. № 4 (63). С. 75–80.
5. Закирова Ф.А., Сенаторов П.П., Руднев В.В. Состояние и перспективы расширения минерально-сырьевой базы борных руд России // Отечественная геология. 2012. № 3. С. 40–46.
6. Закирова Ф.А., Фролова Н.А., Волков А.Е. [и др.]. Перспективы поисков галогенных боратов на структуре Баскунчак Северного Прикаспия // Разведка и охрана недр. 2011. № 11. С. 16–23.
7. Невар Н.Ф., Фасевич Ю.Н., Лобановская Н.В. Бор и его влияние на коррозионную стойкость литых // Литье и металлургия. 2012. № 3(66). С. 26–30.
8. Туранов Р.А. Композиционные материалы с использованием бора в авиастроении // Современные наукоёмкие технологии. 2013. № 8–2. С. 230–231.
9. Khan Pirzada, Ur Rehman Shafiq, Jamil Muhammad [etc.]. Alleviation of Boron Stress through Plant Derived Smoke Extracts in Sorghum bicolor // Journal of stress physiology & biochemistry. 2014. № 3. С. 153–165.
10. Pagava T., Chkhartishvili L., Maisuradze N. [etc.]. Role of boron in formation of secondary radiation defects in silicon // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 5 (76). С. 52–58.

List of literature

1. Akkuzina A.A., Bekhtereva A.D., Sayvutyarov R.R. [etc.]. Uspehi v himii i himicheskoy tehnologii (Advances in chemistry and chemical technology), 2014, no. 6 (155), pp. 9–12.
2. Bakhtin A.I., Nurieva E.M. Statisticheskie metody v geologii [Statistical methods in geology: tutorial]. Kazan: Kazansky university, 2013. 140 p.
3. Zakirova F.A., Lygina E.V., Krasnikova E.V. [etc.]. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Promyshlennyye mineraly: problemy prognoza, poiskov, otsenki i innovatsionnyye tehnologii osvoeniya mestorozhdeniy» (International scientific-practical conference «Industrial Minerals: forecasting problems, searches, evaluation and innovative technology development of deposits»). Kazan, 2015, pp. 128–132.
4. Zakirova F.A., Semenov F.V., Kirillova R.Z. Georesursy (Georesources), 2015, no. 4 (63), pp. 75–80.
5. Zakirova F.A., Senatorov P.P., Rudnev V.V. Otechestvennaya geologiya (Domestic geology), 2012, no. 3, pp. 40–46.
6. Zakirova F.A., Frolova N.A., Volkov A.E. [etc.]. Razvedka i ohrana nedr (Exploration and conservation of mineral resources), 2011, no. 11, pp. 16–23.
7. Nevar N.F., Fasevich Yu.N., Lobanovskaya N.V. Litiyo i metallurgiya (Casting and metallurgy), 2012, no. 3(66), pp. 26–30.
8. Turanov R.A. Sovremennyye naukoemkiye tehnologii (Modern high technologies), 2013, no. 8–2, pp. 230–231.
9. Khan Pirzada, Ur Rehman Shafiq, Jamil Muhammad [etc.]. Journal of stress physiology and biochemistry (Journal of stress physiology and biochemistry), 2014, no. 3, pp. 153–165.
10. Pagava T., Chkhartishvili L., Maisuradze N. [etc.]. Vostochno-Evropejskiy zhurnal peredovykh tehnologij (Eastern European advanced technology magazine), 2015, no. 5 (76), pp. 52–58.

Коротко об авторах

Патейук Сергей Андреевич, химик-эксперт, Центр гигиены и эпидемиологии в Забайкальском крае, г. Чита, Россия. Область научных интересов: бор, борные минералы, синтез боратов
nesvvik@gmail.com

Хатькова Алиса Николаевна, д-р техн. наук, профессор кафедры «Химия», проректор по научной и инновационной работе, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: минералого-технологическая оценка неметаллических полезных ископаемых, обоснование методов обогащения и разработка современных технологий переработки нетрадиционных видов минерального сырья для расширения сфер их практического применения
alisa1965.65@mail.ru

Бурнашова Наталья Николаевна, ст. преподаватель, каф. «Химия», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: аналитическая химия, комплексные соединения
BurnashovaNN@mail.ru

Briefly about the authors

Sergey Pateyuk, chemist-expert, Center for Hygiene and Epidemiology in the Transbaikal Territory, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: boron, boron minerals, synthesis of borates

Alisa Khatkova, doctor of technical sciences, professor, Chemistry department, Vice-Rector for Science and Innovation, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: mineralogical and technological evaluation of non-metallic minerals, study of enrichment and development methods of modern technologies for processing of non-traditional types of minerals to expand the scope of their practical application

Nataliya Burnashova, senior teacher, Chemistry department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: analytical chemistry, complex compounds

Образец цитирования

Патейук С.А., Хатькова А.Н., Бурнашова Н.Н. Перспективы Забайкальских недр на борное сырье // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2016. Т. 22. № 4. С. 22–28.

