© П.Б. Авдеев, А.А. Кужиков, Г.Л. Куклина, 2015

УДК 622.33.551.510.7

П.Б. Авдеев, А.А. Кужиков, Г.Л. Куклина

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕРМАНИЙСОДЕРЖАЩИХ УГЛЕЙ ТАРБАГАТАЙСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Рассмотрена перспектива использования бурых углей Тарбагатайского месторождения в Забайкалье, содержащих германий, как одного из источников сырья для получения германия. Приведены данные о современном состоянии минеральной базы германиевой отрасли России. Даны обоснования для рассмотрения углей Тарбагатайского буроугольного месторождения, как перспективного сырья на германий. Приведены подробная геологическая характеристика месторождения, условия накопления германия в углях, кондиции для подсчета запасов германия. Даны качественные характеристики германийсодержащих углей.

Ключевые слова: уголь, германий, балансовые запасы, макротипы, гелификация, витринит, энергетические угли, корреляционная связь, зольность.

Бурые угли Забайкальского края характеризуются повышенными и высокими содержаниями германия.

Германий – важнейший редкий металл, широко используемый в космических исследованиях, военной технике, радиотехнической, электротехнической промышленностях и т.д. Одна из наиболее стабильных отраслей применения германия – изготовление люминофоров в лампах дневного света. Из него изготавливают дозиметры ядерных излучений и анализаторы рентгеновской спектроскопии. Он используется в системах наведения и лазерной технике. Сплавы германия с некоторыми металлами (железо, алюминий, магний) отличаются повышенными физико-механическими свойствами, стойкостью к кислым агрессивным средам и используются в приборостроении, машиностроении и металлургии.

По производству и потреблению германия Советский Союз занимал ведущее место в мире, в основном (80%) за счет добычи и переработки богатых германийсодержащих углей Тарбагатайского (Забайкалье) и Новиковского (о. Сахалин) месторождений [3].

Сжигание углей с улавливанием германийсодержащей золы производилось на Читинской ТЭЦ-2. Зола отгружалась на Ангренский химико-металлургический завод (Узбекистан) для получения германиевого концентрата, который перерабатывался на Красноярском заводе цветных металлов с получением металлического германия, диоксида германия и других продуктов.

С распадом СССР, необходимостью перевозки германийсодержащих продуктов на большие расстояния при резком удорожании транспортных услуг, данная схема разрушилась. К этому времени были отработаны основные запасы германийсодержащих углей Новиковского месторождения. Оборудование Читинской ТЭЦ-2 физически и морально устарело. Ввиду этого производство германия в России с 1994 г. фактически ликвидировано.

В настоящее время в связи с возросшими потребностями в германии,

благоприятными возможностями его экспорта по высоким рыночным ценам ставится вопрос о возрождении германиевой отрасли в России. Развитие отрасли основывается на минерально-сырьевой базе германия по состоянию на 1 января 1996 г. (табл. 1) и анализе его запасов по геолого-промышленным типам месторождений [4].

В медно-колчеданных рудах германий имеет очень низкие содержания, извлечение его при производстве меди не превышает 2–3%. Это явилось причиной прекращения его производства на Медногорском медно-серном комбинате (Оренбургская область). В Кузбассе учтены большие запасы германия в коксующихся углях с очень низким содержанием и из-за отсутствия технологии извлечения запасы отнесены к неактивным. Запасы германия Шкотовского месторождения отличаются уникально высоким содержанием, но отработка его усложнена тем, что германийсодержащие угли залегают под заливом Петра Великого на глубине около 500 м. Новиковское месторождение отличается небольшими запасами, большая часть наиболее богатых руд была отработана открытым способом [4].

Тарбагатайское германий-угольное месторождение в Забайкалье является промышленным объектом по добыче германиевого сырья.

Германийсодержащие угли месторождения разведаны в 1962–1964 гг. и утверждены в ГКЗ. С 1964 по 1994 гг. проводилась добыча и переработка их на Читинской ТЭЦ-2 с получением зольных концентратов. За этот период переработано более 2 млн т угля со средним содержанием германия 120–130 г/т.

По состоянию на 01.01.2000 г. на государственном балансе по месторождению числилось запасов угля 34,8 млн т, в т.ч. 5,256 млн т герма-

Таблица 1

Региональная структура балансовых запасов германия России [4]

Регионы	Месторождения	Геолого-промышленный тип	Запасы на 01.01.96, %	Содержание германия в руде, г/т
Сев. Кавказ	Урупское, Первомайское	медно-колчеданный	1,2	1,0–19,8
Башкортостан	Октябрьское, Сибайское	медно-колчеданный	2,3	2,1–184,2
Оренбуржье	Блявинское, Яман-Косы	медно-колчеданный	1,1	3,0–13,91
Урал (Свердловская область)	Валенторское, Ново-Шайтанское, Левихинское, Ново-Ежовское, Северо-Ольховское	медно-колчеданный	1,4	1,04–5,19
Урал (Челябинская область)	Александринское, Южное	медно-колчеданный	0,8	1,14–6,43
Алтай	Зареченское	полиметаллический	0,1	2,04
Кузбасс	Шахты Ульяновская и Казанковская	каменно-угольный	31,3	1,6–3,04
Забайкалье (Читинская область)	Тарбагатайское	германий-угольный	10,2	15–498
Приморье	Павловское	германий-угольный	25,4	107–197
	Шкотовское	германий-угольный	22,4	610,4
Сахалин	Новиковское	германий-угольный	4,0	262,2

нийсодержащих. До 1994 г. разрез осуществлял добычу только германийсодержащих углей. В связи с падением потребительского спроса на германий, по согласованию с Читагеолкомом и Госгортехнадзором РФ разрез был вынужден добывать и реализовать комплексные угли с содержанием германия до 60 г/т как обычное энергетическое топливо. С 2009 г. разрезом было добыто 1035,1 тыс. т таких углей.

Основными потребителями энергетических углей являются Гусиноозерская ГРЭС и Петровск-Забайкальский металлургический завод. Остальной уголь распределяется среди мелких предприятий Забайкальского края.

По единой генетико-технологической классификации углей [2] тарбагатайские угли относятся к марке Б, группе 2Б, подгруппе 2БВ. Они преимущественно среднезольные, среднесернистые ($S_t^d \approx 2{,}0–2{,}2\%$), низкофосфористые (0,011–0,016%). На локальных участках угли имеют повышенный выход смолы полукоксования. Концентрации токсичных и потенциально токсичных элементов, превышающие допустимые пределы при энергетическом сжигании, не выявлены.

По величине теплоты сгорания содержание углерода и гуминовых кислот угли, расположенные в приповерхностной части и на глубине, практически не различаются, то есть на месторождении отсутствует явно выраженная зона окисления. Лабораторными испытаниями (ГОСТ 10100-84) установлено легкая обогатимость углей пластов «Тигнинского» и «Спутника». Зола углей месторождения преимущественно средняя и тугоплавкая из-за высокого содержания кремнезема и глинозема.

На локальных участках пластов «Тигнинский», «Спутник», «Мощный» и «Тарбагатайский» содержание германия, вольфрама, молибдена, бериллия и иттрия превышают предложенные пороги ценности, что позволяет рассматривать тарбагатайские угли как перспективное нетрадиционное комплексное рудное сырье.

Особенностью тарбагатайских углей является отсутствие в их составе свободных гуминовых кислот (щелочной экстракт) или их очень низкие содержания [5, 6], в том числе в зоне окисления, что более характерно для каменных углей и совсем не свойственно бурым углям группы 2Б.

Тарбагатайское германий-угольное месторождение выделено в центральной части одноименного буроугольного месторождения. Оно приурочено к гусиноозерской серии, в верхней части которой залегает зугмарская угленосная свита, разделяющаяся на шебартуйский и продуктивный горизонты с повышенными содержаниями германия.

Основными германиеносными участками Тарбагатайского месторождения являются Тигнинский, Новый и Зугмарский. Участок Тигнинский отработан, в настоящее время эксплуатируется участок Новый, в восточной части которого карьером вскрыты и подготовлены к добыче германийсодержащие угли. Добыча на месторождении в настоящее время осуществляется в западной части карьера, где залегают энергетические угли.

В пределах Нового участка германийсодержащие угли приурочены к Тигнинскому, Спутник и Промежуточному пластам. Содержание германия в Тигнинском пласте колеблется от 15,8 до 497,8 г/т (среднее 90 г/т), в Промежуточном – от 33,5 до 181,4 г/т (74,9 г/т) и в пласте Спутник – от 22,5 до 249,0 г/т (59,7 г/т) сухого угля. Основные балансовые запасы германия приурочены к пластам Тигнинскому (около 67%) и Спутник, мощность которых соответственно составляет 8,6 и 3,5 м [1].

Пласт Тигнинский сложен полуматовым и матовым углем темно-коричневого и черного цвета. Уголь массивный, а также линзовидно-полосчатый и штриховато-полосчатый. Прослои и линзы представлены бесструктурной углефицированной древесиной. Отмечаются прослои витренового угля, реже – примазки фюзена.

Пласт Спутник представлен полуматовым углем буровато-черного и темно-коричневого цвета, линзовидно-полосчатым с линзочками полублестящего угля. Также выделяются угли штриховатые тонкополосчатые. Уголь плотный и крепкий.

В целом разрез продуктивного горизонта обогащен железом в виде конкреционных и линзовидных выделений пирита и сидерита. Характерна пиритизация, развитая по трещинам и на плоскостях напластования.

Угли месторождения характеризуются крайне неравномерным распределением германия. Одни из них несут весьма высокую концентрацию германия, другие, обычно преобладающие, включают содержания германия близкие к кларковым.

Из анализа распределения германия в макротипах угля Тарбагатайского месторождения следует, что наиболее высокие его содержания связаны со структурным витреном (табл. 2). Витрен, представляющий собой гелифицированную древесину, встречается в виде небольших линз мощностью до 3 см и длиной 30 см.

Установлена зависимость между структурными особенностями углей и содержанием в них германия. На участке с высоким содержанием германия угли представлены однородным гелифицированным веществом. Строение их массивное с редкими мелкими линзами витрена и витренизированными обломками древесных остатков.

Для Тарбагатайского месторождения выявлена корреляционная связь зольности углей и содержания германия, которая характеризуется высоким коэффициентом корреляции, равным + 0,82. Высокие содержания германия в угле совпадает с участками повышенной их зольности углей, при этом наибольшие концентрации германия приурочены к углям с зольностью 15–25%.

Связи между мощностью угольных пластов месторождения и содержанием в них германия не проявляется.

Устанавливается зависимость содержания германия от гранулометрического состава фракций угля: более высокие концентрации германия приурочены к крупным фракциям (1–3 мм); более мелкие фракции, обладающие большей зольностью, содержат меньше германия. Повышенные его концентрации характерны для фракций плотностью 1,30–1,38, которые содержат наибольшее количество структурных компонентов группы витринита и бедны минеральными примесями. Это свидетельствует о связи германия с органическим веществом угля [1, 7].

Таблица 2

Содержание германия в макротипах угля Тарбагатайского месторождения [1, 5]

Макротипы угля	**Зольность,%**	**Содержание германия, г/т**	
		в угле	**в золе**
Структурный витрен	2,28	200	8778
Матовый уголь	6,40	31,2	500
Фюзен	10,0	27,0	240
Минерализованные слои	26,6	32,5	160

Для подсчета запасов германийсодержащих углей и германия в них приняты следующие кондиции:

• к балансовым углям отнесены запасы угля с минимальной рабочей мощностью 2 м, зольностью не выше 40%, при линейном коэффициенте вскрыши не более 10 м и глубине залегания пласта до 200 м;

• минимальное бортовое содержание германия для оконтуривания блоков с балансовыми запасами принято 1 г/т сухого угля на каждый процент зольности, рассчитанной с учетом засорения угля породными прослоями;

• минимальное промышленное содержание германия для подсчета запасов принято 1,5 г/т сухого угля на каждый процент товарной зольности;

• при содержании германия меньше 1 г/т сухого угля на каждый процент товарной зольности запасы подсчитываются как на энергетические угли. При этом выделяются запасы углей с содержанием германия не менее 0,5 г/т сухого угля на каждый процент товарной зольности;

• средняя зольность товарных углей месторождения принята 15%.

Балансовые запасы германийсодержащих углей Тарбагатайского месторождения составляют 5265 тыс. т со средним содержанием германия 72,2 г/т сухого угля, с запасами германия в них 380 т. Германийсодержащие и энергетические угли месторождения подсчитаны до глубины 175 м. Прирост запасов германийсодержащих углей может быть осуществлен за счет геологоразведочных работ, при пересмотре кондиций на германийсодержащие угли, привлечении к переработке энергетических углей с низкими содержаниями германия. Прогнозные ресурсы германия по месторождению составляют 330 т [8].

Добыча угля осуществляется Тигнинским угольным разрезом с проектной годовой мощностью 300 тыс. т и коэффициентом вскрыши 7. В последние годы добыча ведется на участке энергетических углей, германийсодержащие угли временно законсервированы.

Исходя из вышеизложенного, в качестве первоочередного объекта для добычи германия, может быть рекомендовано Тарбагатайское месторождение, включающее большие запасы богатых германиевых углей. Месторождение находится в экономически освоенном районе, расположено на Транссибирской магистрали и в настоящее время разрабатывается открытым способом. Тарбагатайское германий-угольное месторождение является единственным освоенным объектом России, на базе которого возможно создание крупного предприятия по добыче и переработке германиевого сырья с применением новых современных технологий. Кроме того, необходимо особо отметить, что перспективы наращивания запасов германийсодержащих углей в Забайкальском крае весьма благоприятны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адмакин Л.А.* Германиеносность угольных месторождений Забайкалья и вопросы ее генезиса. Дисс… канд. геол.-минер. наук. – Чита: ЗабНИИ, 1971. – 201 с.

2. *ГОСТ 10175-75.* Угли бурые, каменные, антрациты, углистые аргиллиты и алевролиты. Методы определения содержания германия. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 7 с.

3. *Еремин И.В., Броневец Т.М.* Марочный состав углей и их рациональное использование. – М.: Недра, 1994. – 254 с.

4. *Кац А.Я., Кременецкий А.А., Подкопаев О.И.* Германий – минерально-сырьевая база Российской Федерации // Минеральные ресурсы России. – 1998. – № 3. – С. 5–8.

5. *Куклина Г.Л.* Использование углей Читинской области и продуктов их переработки для повышения плодородия почв и региональной экологической безопасности // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ). – 1998. – № 8. – С. 50–53.

6. *Угольная* база России. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны, месторождения Забайкалья). Т. IV. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 493 с.

7. *Внуков А.В., Адмакин Л.А.* Литолого-фациальные и геохимические условия накопления германия в углях Забайкалья. – Чита: ЗабНИИ, 1967. – 363 с.

8. *Федоров В.П., Наркелюн Л.Ф., Куклина Г.Л.* Программа развития и использования минерально-сырьевых ресурсов горно-металлургического комплекса Читинской области до 2005 г. и на перспективу. Книга 3. Топливно-энергетические ресурсы Читинской области и концепции их использования и развития. – Чита: ООО «Забайкальское научно-техническое геологическое общество, 2001. – 260 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Авдеев Павел Борисович – доктор технических наук, профессор, декан горного факультета Забайкальского государственного университета, e-mail: chita-apb@yandex.ru,
Кужиков Алексей Александрович – кандидат технических наук,
финансовый директор ОАО «Разрез Тигнинский», e-mail: tigninsky@yandex.ru,
Куклина Галина Леонидовна – кандидат технических наук, e-mail: k_lantania@hotmail.com,
Забайкальский государственный университет.

UDC 622.33.551.510.7

PROSPECTS GERMANIUM-COAL TARBAGATAJSKY LIGNITE DEPOSIT IN TRANSBAIKALIA

Avdeev P.B., Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of Faculty of Mining
Transbaikal State University, Chita, Russia, e-mail: chita-apb@yandex.ru,
Kuzhikov A.A., Candidate of Technical Sciences,
Financial Director of Incision of Tugnuisky, Chita, Russia, e-mail: tigninsky@yandex.ru,
Kuklina G.L., Candidate of Technical Sciences, Transbaikal State University,
Chita, Russia, e-mail: k_lantania@hotmail.com.

The article discusses the prospect of using brown coal deposits in Transbaikalia Tarbagatajsky containing germanium, as a source of raw materials for Germany. The data on the current state of mineral base germanium industry in Russia. Justification given for consideration Tarbagatajsky coal lignite deposit, as a promising raw material for germanium. A detailed geological description field conditions for the accumulation of germanium in coal, condition for estimating reserves of germanium. Are qualitative characteristics of germanium coals.

Key words: coal, germanium, reserves, makrotipy, gelifikatsiya, Showcase, steam coal, correlation, ash content.

REFERENCES

1. Admakin L.A. *Germanienosnost' ugol'nykh mestorozhdenii Zabaikal'ya i voprosy ee genezisa* (Gecoal deposits in Transbaikalia and questions of its genesis), Candidate's thesis, Chita, ZabNII, 1971, 201 p.

2. *Ugli burye, kamennye, antratsity, uglistye argillity i alevrolity. Metody opredeleniya soderzhaniya germaniya. GOST 10175-75* (Coal and peat, anthracite, carbonaceous mudstones and siltstones. Methods for determination of germanium. State Standart 10175-75), Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1975, 7 p.

3. Eremin I.V., Bronevets T.M. *Marochnyi sostav uglei i ikh ratsional'noe ispol'zovanie* (Vintage composition of coals and their rational use), Moscow, Nedra, 1994. 254 c.

4. Kats A.Ya., Kremenetskii A.A., Podkopaev O.I. *Mineral'nye resursy Rossii*. 1998, no 3, pp. 5–8.

5. Kuklina G.L. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii nauk ekologii i bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti (MANEB).* 1998, no 8, pp. 50–53.

6. *Ugol'naya baza Rossii. Ugol'nye basseiny i mestorozhdeniya Vostochnoi Sibiri (Tungusskii i Taimyrskii basseiny, mestorozhdeniya Zabaikal'ya)*. T. IV (Coal basins and deposits in Eastern Siberia (Tunguska and Taimyr pools, fields of Transbaikalia), vol. IV), Moscow, ZAO «Geoinformmark», 2001, 493 p.

7. Vnukov A.V., Admakin L.A. *Litologo-fatsial'nye i geokhimicheskie usloviya nakopleniya germaniya v uglyakh Zabaikal'ya* (Lithofacies and geochemical conditions for the accumulation of germanium in coal Transbaikalia), Chita, ZabNII, 1967, 363 p.

8. Fedorov V.P., Narkelyun L.F., Kuklina G.L. *Programma razvitiya i ispol'zovaniya mineral'no-syr'evykh resursov gorno-metallurgicheskogo kompleksa Chitinskoi oblasti do 2005 g. i na perspektivu. Kniga 3. Toplivno-energeticheskie resursy Chitinskoi oblasti i kontseptsii ikh ispol'zovaniya i razvitiya* (Program development and utilization of mineral resources mining and metallurgical complex Chita region until 2005. and in the future. Book 3. Fuel and energy resources of the Chita region and the concept of their use and development). Chita, OOO «Zabaikal'skoe nauchno-tekhnicheskoe geologicheskoe obshchestvo, 2001, 260 p.