

УДК 553.67

## МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ВОЛЛАСТОНИТА ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукишина, Бийск,  
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены геолого-промышленные типы волластонитовых месторождений Горного Алтая и конъюнктура мирового рынка на волластонитовое сырьё. В регионе выделены два основных типа месторождений волластонита: скарный и метаморфогенный. С последним типом связываются перспективы обнаружения крупных месторождений в Республике Алтай и Алтайском крае. Описаны наиболее перспективные объекты скарного типа: Синюхинское, Лебедское. На территории Алтайского края выявлено метаморфогенное проявление волластонита Устюбинское. Оценены прогнозные ресурсы волластонита категорий  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ , которые в сумме превышают 16,2 млн т волластонита.

**Ключевые слова:** волластонит, скарны, метаморфогенные месторождения, прогнозные ресурсы, категории прогнозных ресурсов, Горный Алтай

**Актуальность проблемы.** В России в настоящее время нет ни одного месторождения волластонита, подготовленного к эксплуатации, хотя многие отрасли отечественного производства испытывают потребность в нём. Она существует и среди крупных предприятий Южного индустриального пояса России (в особенности предприятия Кемеровской области), куда входит и Алтай. Все ранее разведанные месторождения волластонита на территории бывшего СССР оказались в Республике Казахстан, Средней Азии (Босагинское, Койташское, Куру-Тегерек и др.) и на Кавказе (Тырныауз).

Волластонитовые месторождения подразделяются на четыре генетических типа: 1 – в скарнах, 2 – в кальцифирах метаморфических комплексов архея, 3 – в скарноидах метаморфических комплексов, 4 – в сложных массивах ультраосновных-щелочных пород.

Крупнейшими производителями волластонита в мире являются Китай, США, Индия, Финляндия. Китай занимает первое место по наличию ресурсов в мире, экспорту, потреблению внутри страны и имеет широкие потенциальные возможности раз-

вития отрасли. Внедрение в промышленность и широкий экспорт осуществлялись с новой политикой реформ в стране и открытостью к мировой экономике. Объем добычи волластонита в КНР с начала 80-х годов по 1994 год достиг 250000 тонн в год, и потребность в нем возрастает на 11-15% ежегодно. К 2003 году общий объем потребления китайского волластонита составило 0,5-1,0 млн тонн в год.

Области применения волластонита имеют широкий спектр: лучшие цементы, краски, лаки, керамика бытовая и техническая, формовочные материалы, тормозные колодки автомобилей, пластмассы, добавки в специальные стёкла от электромагнитного излучения, композитные материалы от радиоактивного излучения, в медицине и другие. В США, Великобритании и Китае волластонит включён в список стратегического сырья [1-3].

Горный Алтай ранее не привлекал внимания как возможный поставщик волластонитового сырья. Однако кальциевый метасиликат здесь широко развит в золото-медно-скарновых и скарново-шеелитовых месторождениях и проявлениях. В Алтайском крае в последние годы выяв-

лен новый перспективный тип месторождений волластонита – метаморфогенный, который может существенно увеличить минерально-сырьевую базу (МСБ). *Цель исследования* – осветить геолого-промышленные типы волластонитовых месторождений Горного Алтая и оценить прогнозные ресурсы волластонита различных категорий.

**Общая характеристика Горного Алтая на волластонит.** Основной промышленно-генетический тип волластонита в регионе – скарновый. Республика Алтай обладает значительным потенциалом волластонитового сырья. На её территории локализуются комплексные золото-медно-скарновые с волластонитом (Синюхинское, Оюкское, Ульменское месторождения), золото-скарновые с волластонитом (Чойское, Лебедское месторождения), а также ряд проявлений волластонит-содержащих скарнов (Актур, Верхне-Аккаинское, Атуркольское, Сухан, Бадановское, Имеринское, Саратанское, Башкаусское). В Алтайском крае волластонит присутствует в скарновых объектах – Айском, Плитнинском и других [1–3].

На руднике «Весёлый» завершено строительство обогатительной фабрики с проектной производительностью 60 тыс. т руды в год. Фабрика строилась с расчётом переработки волластонитовых руд месторождений Синюхинского рудного поля. Все проявления волластонита располагаются в районах с хорошо развитой инфраструктурой. Синюхинское месторождение располагается в 220 км от г. Бийска и связано дорогой с твёрдым покрытием. Лебедское месторождение находится в 150 км от г. Таштагол, связано с ним дорогой с твёрдым покрытием. Проявления Актуринское и Верхне-Аккаинское располагаются в 450–500 км от Бийска и связаны с ним дорогой федерального значения (Чуйский тракт).

На основе волластонитового сырья предполагается на предприятиях ВПК г. Бийска внедрить ряд новых, экологически чистых технологий с предложением широкого спектра товаров для российского и зарубежного рынков.

Региональные наблюдения показали, что волластонитовые скарны сформировались в 3 эпохи: каледонскую (месторождения Лебедское, Ульменское), герцинскую (месторождения Синюхинское, Чойское, Оюкское и ряд проявлений: Верхне-Аккаинское, Актуринское, Сухан, Бадановское и др.), мезозойскую (проявления Саратанское, Башкаусское и др). Наиболее крупные волластонитовые залежи образуются в областях распространения гранитоидов I – типов и в меньшей мере А-типов, характеризующихся оптимальным сочетанием параметров флюидного режима с преобладанием фугитивностей и парциальных давлений  $H_2O$  и  $CO_2$  над другими летучими и высокими их показателями. Более предпочтительно надинтрузивное положение скарнов, нежели контактовое. В первом случае образуются более крупные волластонитовые залежи инфильтрационного типа. К такой позиции относятся месторождения Синюхинское, Чойское, Лебедское а также проявления Актур, Верхне-Аккаинское.

Волластонит образуется по известковому протолиту ограниченного числа стратон: усть-семиной ( $E_2$ ), мрасской ( $E_1$ ), баратальской ( $R_3-V_1$ ), арыджанской ( $R_3?$ ) свит. Наиболее высококачественный метасиликат кальция формируется по чистым известковистым породам, определяющим наиболее широкий спектр применения конечного волластонитового сырья в различных отраслях промышленного производства.

#### **Краткая характеристика месторождений и перспективных проявлений волластонита региона**

Все месторождения и большинство проявлений волластонита региона относятся к комплексным объектам волластонит-содержащим золото-медно-скарновым, в которых основную роль играют золото и медь. Некоторые проявления волластонита относятся к золото-редкометалльным скарнам с оруденением олова, вольфрама, золота (Саратанское, Башкаусское).

Волластонитовые проявления распространены в пределах Алтае-Кузнецкого

редкометалльно-золоторудного пояса ( $R_3-I$ ), созидавшегося во время нескольких тектоно-магматических циклов. В пределах пояса волластонит обнаруживается в 3 рудных районах: Верхне-Лебедском (Лебедское месторождение), Бийско-Катунском (Синюхинское, Чойское, Ульменское месторождения), Бельгебашском (проявления Актуру, Верхне-Аккаинское).

Наиболее крупное в регионе золото-медно-скарновое *Синюхинское месторождение* располагается в Чойском административном районе. В его пределах волластонит распространён на участках: Первом Рудном, Рудной Сопке, Ыныргинском, Полушахтном, Новом, Нижнем, Тушкенекском, Западном, располагающихся в контуре горного отвода Рудника Весёлый. Скарновые залежи образовались по известковистым протолитам вулканогенно-осадочной усть-семинской свиты, претерпевшим контактовый метаморфизм и метасоматоз в пространственной связи с Синюхинским гранитоидным массивом. Скарны инфильтрационного типа и контролируются зонами трещиноватости и роями даек. За пределами горного отвода метасиликат кальция встречается на ряде скарновых проявлений к западу и к югу. Волластонит в пироксен-гранатовых, гранат-волластонитовых скарнах образует прожилки, гнёзда, линзы и сплошные анхимономинеральные залежи мощностью от 0,5 до 55 м. Последние и представляют промышленный интерес. Протяжённость волластонитовых тел по падению и простиранию от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Содержание волластонита в руде составляет 50-75%, сопутствующие минералы представлены гранат-гроссуляром (25-50%), кварцем и кальцитом (5-7%).

Качество синюхинского волластонита (белизна, морфология кристаллов, химический состав) высокое, он имеет белый и снежно-белый цвет, длину иглы от 3-5 до 10 мм (соотношение сторон кристаллов 10:1-35:1), имеет низкие показатели по содержанию вредных примесей (титан, же-

лезо, марганец, сера, фосфор в пределах стандартов, очень низкие потери после прокаливания).

В государственном балансе по участку Новый числятся 114 тыс. т волластонита категории  $C_2$ .

*Лебедское месторождение* располагается в Турочакском районе Республики Алтай в 5 км южнее пос. Майский. Месторождение образовано скарновой рудной залежью мощностью 10-15 м и протяжённостью более 500 м. Стратиформные залежи скарнов сформировались по мраморам и мраморизованным известнякам мрасской свиты вблизи контактов с Майской интрузией гранитоидов. Состав скарнов: диопсид-гранат-волластонитовый. Содержание волластонита в рудном теле варьирует от 30 до 100%, среднее содержание 64,7%. Местами в рудной залежи кальциевый метасиликат формирует мономинеральные линзы мощностью от 0,5 до 3 м. Волластонит образует длиннопризматические и игольчатые кристаллы. Соотношение длин сторон отдельных индивидов варьирует от 10:1 до 70:1. В обнажениях местами наблюдаются гигантские кристаллы метасиликата кальция длиной до 40 см. Тонкая игольчатость, высокое соотношение длин сторон кристаллов, оптимальные величины рН суспензии вытяжек из газовой-жидких вакуолей минерала позволяют использовать конечный продукт в качестве заменителя асбеста, как функционального наполнителя при производстве пластмасс, для изготовления сварочных электродов с необычными свойствами.

Суммарные запасы категорий  $C_1$  и  $C_2$  по месторождению составляют 143 тыс. т. Кроме разведанной залежи, волластонит прогнозируется на западе и северо-востоке рудного поля, где отмечены пакеты скарнированных известняков с волластонитом мощностью более 10 м в составе верхней подсвиты мрасской свиты, находящиеся в надинтрузивной позиции майского гранитоидного массива.

*Проявления Актуру и Верхне-Аккаинское* располагаются в Кош-Агачском райо-

не. Приурочены они к полосе распространения гранитоидов топольнинского комплекса ( $D_{2-3}$ ), а также даек этого комплекса, по составу варьирующие от диорита до гранит-порфира. Скарны сформировались по известковым протолитам баратальской ( $R_3-V$ ) и арыджанской ( $R_3?$ ) свит. Мощности скарных с волластонитом на проявлениях колеблются от 3 до 12 м, протяжённости от 200 до 1000 м. Содержания волластонита варьируют от 30 до 90%. Имеются перспективы обнаружения волластонита на скарном золоторудном проявлении Белькинек, а также к западу от него, где в поле распространения известняков баратальской свиты проявлены рои даек топольнинского комплекса. Оба проявления находятся в благоприятной надинтрузивной позиции.

Качество волластонита на всех описанных объектах высокое. Игольчатость его отвечает стандартным нормам. Соотношение сторон кристаллов варьирует от 10:1 до 70:1. Химический состав и некоторые физические параметры единичных проб волластонита региона позволяют использовать готовое сырьё в различных отраслях производства (замена асбеста при производстве тормозных колодок и других изделий, изготовление сварочных электродов, керамики, стёкол с необычными свойствами, формовочных песков для целей пролонгированного формования высокосортных сталей, высококачественных красок, лаков, эмалей и т.д.).

В последние годы на территории Алтайского края выявлен новый геолого-промышленный тип оруденения волластонита – метаморфогенный, что открывает значительные перспективы Горного Алтая на волластонитовое сырьё [5].

Известно, что супергигантские месторождения волластонита в Китае представлены именно метаморфогенным типом с запасами руд волластонита от 25 до 100 млн т (месторождения Тенгчонг Каунти, Юньнань в провинции Джилин) с содержанием волластонита от 35 до 80%. Волластонитовые руды в этом геолого-промышленном типе образуют протяжённые пластовые за-

лежи и приурочены, как правило, к высоко метаморфизованным карбонатным металлотектам, локализованным в крыльях антиклинальных складок. Благодаря находкам метаморфогенных руд волластонита, Китай в предыдущее десятилетие вышел на первое место в мире по запасам и добыче волластонитового сырья, потеснив на международном рынке США по реализации сырья.

**Устюбинское проявление волластонита Горного Алтая.** Метаморфогенный тип волластонита в Алтайском крае выявлен к северу и к югу от Тавдушинской интрузии среди мраморов каянчинской свиты. Видимая связь с интрузией отсутствует. Находка волластонита располагается в 0,5 км к северу от контакта, в правом борту р. Устюбы. Здесь среди перемятых, а местами и дроблёных, мраморов тёмно-серой окраски наблюдаются линзочки, гнёзда ( $2 \times 5$  см), прожилковидные обособления мощностью от 0,5 до 3 см волластонита белой окраски, игольчатого облика, редко пластинчатой формы. Местами отмечаются звёздчатые формы и радиально-лучистые вкрапления волластонита размерами от 1 до 2 см. Как правило, все морфологические формы выделений метасиликата кальция развиваются по слоистости мраморов. Они формируют полосы и линзы мощностью от 5 до 10 см, согласные со слоистостью пород. Насыщенность волластонитовыми образованиями варьирует от 10 до 80%. По разрезу такие горизонты отмечены через 30 м. Визуальные наблюдения показывают хорошее качество волластонита: высокая игольчатость кристаллов, совершенная белизна.

В левом борту р. Талдушки отмечены звёздчатые и радиально-лучистые выделения волластонита в линзочках и гнёздах среди мраморов каянчинской свиты. Заслуживают проверки все ранние находки тремолита, выявленные в западном и восточном экзоконтактах Тавдушинской интрузии гранитоидов, так как возможно визуальная диагностика тремолита могла быть ошибочной.

В шлифах отчётливо выявляются единичные метакристаллы и сноповидные

агрегаты, развивающиеся и по недроблённым мраморам, вне всякой связи с гидротермальными образованиями. Во всех морфологических формах выделений по известковым мраморам волластонит образует мономинеральные скопления и не сопровождается другими минералами. Соотношение длин сторон минерала варьирует от 1:6 до 1:35. В породах доломитового состава, наряду с волластонитом, отмечаются гиперстен и диопсид, образующиеся ранее волластонита. Содержание пироксенов не превышает 5-10%. Мраморы каянчинской свиты широко распространены в Алтайском крае и переходят на правый берег Катуня, прослеживаясь по простиранию более чем на 150 км.

Наиболее изученный скарновый тип волластонита в Алтайском крае представлен *Айским месторождением*. Оно располагается в Алтайском районе Алтайского края, в правом борту ручья Инвалидного (в 1,5 км от посёлка Ая к западу).

Мощные скарновые залежи (до 70 м) на Айском месторождении локализируются над интрузией. Скарны образовались в эндоконтакте габброидов Айского массива и редко в экзоконтакте. Волластонит образует спутанно-волокнустые агрегаты размером 1-5 мм белого цвета со слегка розоватым оттенком. Соотношение длин сторон кристаллов варьирует от 10:1 до 15:1. По таким показателям, как содержание титана, фосфора, железа, марганца, анализируемый волластонит имеет самые высокие качественные характеристики. Из других свойств следует отметить безупречную белизну и высокую игольчатость.

Содержание волластонита в скарнах на 60-метровом интервале варьирует от 50 до 85% (среднее содержание 60%). При указанных параметрах (длина 60 м, средняя мощность 5 м, среднее содержание волластонита 60%) запасы руды составят 45 000 т. Запасы волластонита составят 27 000 т. Для реально экономически выгодной карьерной отработки до глубины 25 м соотношение вскрыши к руде составит 4,4:1. Запасы чистого волластонита для такого карьера составят 13 500 т.

На участке Западный мощность волластонит-содержащей залежи и концентрации полезного компонента значительно меньше: протяжённость залежи 50 м, средняя мощность 2 м, среднее содержание волластонита 47%. Запасы волластонита при подвеске на глубину 25 м составят 1175 т. Таким образом, общие запасы (прогнозные ресурсы волластонитовой руды категории  $P_1$ ) по обоим участкам составят:  $45\ 000 + 1\ 175 = 46\ 175$  т.

**Оценка прогнозных ресурсов волластонита.** Оценка прогнозных ресурсов волластонита выполнена для наиболее востребованных участков, расположенных в Синюхинском рудном поле и вблизи него. Это диктуется наличием уже построенной фабрики. Приведенные ниже оценки прогнозных ресурсов апробированы и приняты на баланс [4].

**Участок Лебедской.** Известны 2 стратиформные скарновые залежи на западном и северо-восточном флангах участка. Мощности волластонит-содержащих скарнов 5 и 6 м, соответственно (мощность оценённой залежи 10-15 м); протяжённости по простиранию – 500 и 400 м; средние содержания волластонита 65 и 75%; объёмный вес руды  $3\ \text{т/м}^3$ ; подвеска на глубину 300 м.

– Прогнозные ресурсы категории  $P_3$  по западной залежи составят:

$$Q_1 = 5 \cdot 500 \cdot 300 \cdot 3 \cdot 65 = 1,46 \text{ млн т.}$$

– Прогнозные ресурсы категории  $P_3$  по северо-восточной залежи:

$$Q_2 = 6 \cdot 400 \cdot 300 \cdot 3 \cdot 70 = 1,51 \text{ млн т.}$$

Суммарные прогнозные ресурсы категории  $P_3$  составят:  $1,46 + 1,51 = 2,97$  млн т волластонита.

**Участок Синюхинский.** Полушахтный участок Синюхинского рудного поля располагается на восточном фланге последнего в левом и правом бортах р. Синюхи. В его пределах выделено 9 рудных тел, содержащих волластонит. Параметры рудных тел и расчёт прогнозных ресурсов волластонита выполнены прямым расчётом в соответ-

ствии с существующими методическими указаниями. Суммарные прогнозные ресурсы волластонита категории  $P_2$  по всем рудным телам составляют 1 млн 328 тыс. т.

*Участок Тушкенек* располагается на юге рудного поля в верховьях одноименного ручья. На основании поверхностных горных выработок и бурения 11 скважин выделены 4 рудных тела волластонита. Средние мощности рудных тел варьируют от 4,0 до 10,1 м, длины по простиранию от 60 до 900 м, протяженности по падению от 270 до 660 м. Оценка прогнозных ресурсов волластонита категории  $P_2$  участка Тушкенек осуществлена также прямым расчетом, исходя из имеющихся параметров рудных тел и средних содержаний волластонита в них.

Суммарные прогнозные ресурсы волластонита категории  $P_2$  по участку Тушкенек составляют 2,948 млн т при среднем содержании волластонита 30,5%. Из них к кондиционным рудам можно отнести ресурсы рудных тел №1, №3, №5 в объеме 2 млн 348 тыс. 928 т.

Суммарные прогнозные ресурсы волластонита категории  $P_2$  по Полушахтному и Тушкенекскому участкам составляют 3 млн 676 тыс. 928 т.

Суммарные прогнозные ресурсы категорий  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  по приведенным месторождениям превышает 16,2 млн т волластонита.

### Рекомендации о целесообразности работ следующей стадии и выводы

Таким образом, в настоящее время Республика Алтай имеет значительные перспективы на волластонитовое сырьё высокого качества. С учетом масштабности волластонитового оруденения в регионе и высокого качества сырья, на вышеуказанных объектах целесообразна постановка поисковых и оценочных работ. Очередность проведения работ на прогнозируемых месторождениях зависит от состояния МСБ региона, дефицитности сырья и конъюнктуры рынка. На всех объектах целесообразно проведение первоочередных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. // Разведка и охрана недр. – 1997. – №4. – С. 12-15.
2. Гусев А.И. // Отечественная геология. – 1997. – №12. – С. 14-19.
3. Гусев А.И., Рузаев В.С. Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития. – Горно-Алтайск, 1998. – С. 49–50.
4. Гусев А.И., Крупчатников В.И. Количественная и геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов высококалийного полевошпатового сырья и волластонита Республики Алтай. – М., 2003. – 45 с.
5. Гусев А.И., Фомичёва Т.В. Новые данные о перспективах Горного Алтая на волластонитовое сырьё // Актуальные проблемы географии. – Горно-Алтайск, 2008. – С. 161-167.

## MINERAL-RAW MATERIAL BASE OF WOLLASTONITE MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I.

*The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Geology-minable types of wollastonite deposits of Mountain Altai and conjuncture of world market wollastonite raw material bring. Two basic type deposits wollastonite detached in region: skarn and metamorphic. Perspective of foundation of large deposits of wollastonite link with metamorphic type in Republic Altai and Altay kray. More perspective objects skarn type: Sinjukhinskoe, Lebedskoe deposits described in Republic Altai. Metamorphic manifestation of wollastonite Ustjubinskoe found in Altay kray. Prognostic resources of wollastonite differ category  $P_1$ ,  $P_2$  and  $P_3$  estimated that its exceed 16,2 mln. t wollastonite in sum.

**Keywords:** wollastonite, skarns, metamorphic deposits, prognostic resources, category of prognostic resources