

ГЕОНИКА: ОТ ГЕОХИМИИ БОРА К ИСКУССТВЕННЫМ МАТЕРИАЛАМ БОРАТНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Ю.С. Саркисов, Н.П. Горленко, И.А. Рахманова

В свете современной научной парадигмы естествознания, исходя из представлений геоники, в работе рассматриваются различные аспекты геохимии бора, закономерности распространения бора в природе, условий зарождения и эволюции минералов бора в природе с целью применения этих знаний для создания искусственных материалов боратного твердения. Отмечается, что определяющую роль в формировании борных минералов в различных геологических средах играет соотношение бор: хлор. Учитывая, что соединения бора обладают рядом специфических свойств, например, способностью поглощать нейтроны, в работе предлагаются составы и технология получения смешанных композиционных материалов боратного твердения на основе индивидуальных ранее изученных систем этого типа. Показано, что парное сочетание систем кислотно-основного взаимодействия, например типа, $\text{BeO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{CdO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ приводит к повышению не только прочности композиционного материала, но и неаддитивному улучшению его эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: геоника, геохимия, бор, бораты, борнокислые анионы, композиционный материал, кислотно-основные взаимодействия, прочность, поглощение нейтронов.

Создание материалов различного функционального назначения с заданными свойствами – одна из самых актуальных задач современного материаловедения. Однако постепенное истощение запасов качественного сырья природного происхождения с одной стороны, и непрерывное накопление техногенных отходов с другой, постоянно заставляют исследователей искать и разрабатывать новые подходы, как к методам переработки исходного сырья, так и к методам создания материалов нового поколения. Совершенно очевидно, что без достижений фундаментальных наук сколь-нибудь серьезного продвижения в этом направлении вряд ли возможно. По мере развития наук о веществе и материалах происходила и смена парадигмы материаловедения.

Со времен Д.И. Менделеева и Н.С. Курнакова была доказана справедливость зависимости свойства вещества от его состава. Методологию «состав – свойства» можно считать первой научной парадигмой материаловедения [1]. И.В. Тананнаев обратил внимание на то, что зачастую вещества одного и того же химического состава обладают совершенно различными свойствами, и причиной этого является иной тип структуры вещества. Как результат родилась новая методология: «состав – структура – свойства», которая довольно долго господствовала в материаловедении [2].

Г.М. Самсонов предложил включить в парадигму технологию как ее неотъемлемый

и принципиально важный элемент [3].

На эффективность методологии существенное влияние оказывают используемые приборы физико-химического и технического анализов, а так же оборудование для контроля и осуществления операций на различных технологических переделах [4].

В.И. Вернадский отмечал, что создание материалов должно осуществляться не только с учётом их свойств, но и распространенности в природе, А.Е. Ферсман обратил внимание на необходимость полного использования наиболее ценных компонентов сырья. И.П. Бардин впервые выдвинул идею, согласно которой отходы одних производств должны служить источником сырья для других. Заслуживает особое внимание работа В.А. Резниченко [5] о перемещении сырья и материалов в едином естественнотехнологическом цикле по аналогии круговорота веществ в природе.

Широкое развитие эти идеи получили в работах А.Д. Верхотурова [6], в которых заложены методологические основы становления и развития новой науки о материалах – материалогии. Одной из основных задач материалогии является разработка составов и технологий комплексной переработки минерального сырья для получения материалов с заданными свойствами.

Э.В. Брицке, пожалуй, впервые утверждал, что технологии не должны ухудшать состояние окружающей среды. На невозможность рассмотрения создания материалов и

их функционирования в отдельности от окружающей среды, когда не долговечность материала сама по себе, а долговечность системы «материал – окружающая среда», указывается в работе [7], и это положение приобретает в настоящее время особую актуальность.

Обращаясь к идеям бионики, была предложена концепция неравновесного материаловедения, где определяющее значение отводится так называемому равновесно – неравновесному фактору, а так же характеру и роли кооперативных и информационных взаимодействий в системе [8]. Таким материалам должна соответствовать методология: состав – структура – свойства – технология – организация – функция – поведение [7].

Объединение этой методологии с последовательностью «материал – изделие – конструкция – сооружение – комплекс функционально связанных сооружений – кластер функционально связанных сооружений – техногенная и природная окружающая среда» приводит к возникновению и становлению единой глобальной методологии от состава до состояния окружающей среды [9].

Высокая схожесть процессов, происходящих в естественных системах, например, в системе «горная порода – вода» [10], с таковыми в искусственных системах типа «цемент – вода» [8] подтверждает мысль, впервые высказанную еще Франтов Г.С. [11] о зарождении новой науки – геоники, когда на основе глубокого обобщения, всестороннего изучения и использования фундаментальных геологических и геохимических знаний закономерностей формирования структур объектов естественного происхождения можно создавать технологии искусственных материалов полифункционального назначения [12, 13]. Формирование геоники как науки получило дальнейшее развитие в работах Лесовика С. и его школы [14–16].

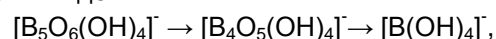
В связи с последними достижениями естественных наук, становлением и формированием современной естественнонаучной парадигмы [17] назрела необходимость говорить о натуронике, объединяющей принципы бионики, геоники и других производных наук в единое системное целое, силу которой еще предстоит осознать, а результаты не заставят себя долго ждать.

Но, возвращаясь к геонике, в настоящей работе рассмотрено приложение знаний геохимии бора и его соединений к созданию искусственных перспективных материалов боратного твердения.

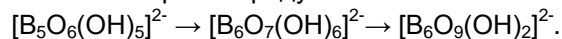
Известно [18], что существует глобальная

связь различных типов борных месторождений с геологическими процессами, протекающими в земной коре. Особенности поведения бора в природных процессах, начало изучению которых с качественной стороны положено в работах В. Куница, а с количественной – в работах В.М. Гольдшмидта и Кл. Петерса [18] позволили установить закономерности его распределения в различных геологических образованиях. Оказалось, что типы геохимических процессов с участием бора в значительной мере зависят от состава среды, от концентрации и степени пресыщения растворов в системе «горная порода – вода».

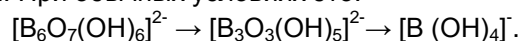
Установлено, что в системе $B_2O_3 - H_2O$ под воздействием ионов металлов первой группы таблицы Д.И. Менделеева образуется однотипный ряд последовательно сменяющих друг друга борнокислых полианионов. При этом при обычных условиях он выражается в виде:



а при повышенных температурах полианионы подвергаются полимеризации и образуют стабильные фазы в ряду:



В присутствии ионов металлов второй группы также образуется аналогичный тип последовательности фаз, но в кислой области. При обычных условиях это:



При повышенных температурах: $[B_2OH_5]^{4-}$; $[B_2O_4(OH)]^{3-}$ и BO_3^{3-} .

Эти исследования показывают, что состав и строение соединений бора чрезвычайно чувствительны к изменениям состояния системы и условий среды их образования [19].

Знания о геохимических закономерностях поведения бора в природных условиях могут и должны быть применены при создании искусственных материалов различного технического назначения.

Это положение легло в основу разработки составов и технологии так называемых смешанных (композиционных) вяжущих боратного твердения. Вяжущие вещества боратного твердения достаточно глубоко изучены в работах: Сычева М.М., Федорова И.Ф., Чемоданова Д.И. и их сотрудников [20].

Эти материалы востребованы промышленностью и обладают рядом особых свойств, обусловленных, прежде всего, способностью бора интенсивно поглощать нейтроны. Особый интерес в этом отношении представляют системы $BeO - B_2O_3 - H_2O$, $CdO - B_2O_3 - H_2O$, $PbO - B_2O_3 - H_2O$ и другие [21–23], каждая из которых может быть

использована для создания перспективных материалов. Направленное модифицирование отдельных компонентов, так и системы в целом, добавками солей, содержащих ионы металлов первой и второй групп, таблицы Д.И. Менделеева, в русле выше описанной геохимической трактовки позволило значительно усилить прочностные и специальные свойства синтезируемых материалов. Синергетический эффект удалось получить путём совмещения различных систем боратного твердения при создании композиционных вяжущих, например, рационального по парного сочетания систем $\text{BeO} - \text{V}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{CdO} - \text{V}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ или $\text{MgO} - \text{V}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{CaO} - \text{V}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$. Возможны и другие комбинации с учетом выбора заданных свойств и условий эксплуатации. Модифицирование этих систем по геохимическому алгоритму добавками, содержащих ионы металлов I и II групп, позволяет получать стойкие к переменным факторам окружающей среды материалы и изделия на их основе различного технического назначения.

Безусловно, возможности геоники поистине не ограничены. Подбирая технологические режимы обработки (автоклавные, гидротермальные, высокотемпературные и др.) можно направленно управлять синтезом борсодержащих композиций. Геохимия каждого элемента, содержащегося в земной коре, – это источник знаний и прототип разработки новых материалов с заданными свойствами, по сути «готовая» методология создания искусственных материалов различного технического назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курнаков, Н. С. Собрание избранных работ / Н. С. Курнаков. – Л.; М. : ОНТИ, 1938. – 559 с.
2. Тананаев, И. В. Основные этапы развития неорганического материаловедения в СССР / И. В. Тананаев // Неорганическое материаловедение в СССР. – Киев : Наукова думка, 1983. – С. 8–28.
3. Самсонов, Г. В., Электронная локализация в твердом теле / Г. В. Самсонов, И. Ф. Прядко, Л. Ф. Прядко. – М. : Наука, 1976. – 339 с.
4. Верхотуров, А. Д. Основные идеи и парадигмы развития материаловедения. Ч. 1 / А. Д. Верхотуров // Химическая технология. – 2001. – № 8. – С. 2–9.
5. Резниченко, В. А. Комплексное использование руд и концентратов / В. А. Резниченко, М. С. Липухина, А. А. Морозов. – М. : Наука, 1989. – 172 с.
6. Верхотуров, А. Д. Методологические основы становления и развития материаловедения и роль технологии комплексной переработки минерального сырья для получения материалов с заданными свойствами / А. Д. Верхотуров, А. М. Шпилёв, Л. А. Коневцов // Ученые записки. – Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре ГТУ. – 2012. – № 11. – С. 66–77.
7. Саркисов, Ю. С. Синергетика и принципы неравновесного строительного материаловедения / Ю. С. Саркисов, Т. В. Кузнецова // Техника и технология силикатов. – 2009. – № 4. – С. 2–6.
8. Саркисов, Ю. С. Информационные взаимодействия в системе «цемент – вода» / Ю. С. Саркисов, Г. Д. Семенова, Н. П. Горленко // Техника и технология силикатов. – 2004. – № 1. – С. 21–25.
9. Паспорт специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов и транспортных тоннелей.
10. Шварцев, С. А. Информационные взаимодействия в «вода – порода» / С. А. Шварцев // Вестник Российской академии наук. – 1977. – Т. 57, № 6. – С. 319–324.
11. Франтов, Г. С. Геология и живая природа (Уровни организации вещества, бионика и геоника, клетки и газовой-жидкие включения) / Г. С. Франтов. – Л. : Недра, 1982. – 144 с.
12. Верещагин, В. И. Синергетические принципы создания строительных и композиционных материалов полифункционального назначения / В. И. Верещагин, Л. П. Рихванов, Ю. С. Саркисов [и др.] // Известия ТПУ. – Томск : Изд-во ТПУ, 2009. – Т. 315, № 3. – С. 12–15.
13. Верещагин, В. И. Полифункциональные неорганические материалы на основе природных и искусственных соединений / В. И. Верещагин, В. В. Козик, В. И. Сырякин [и др.] // – Томск : Изд-во ТПУ, 2002. – 359 с.
14. Лесовик, В. С. Геоника (геометрика). Примеры реализации в строительном материаловедении : монография / В. С. Лесовик. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. – 206 с.
15. Лесовик, В. С. Геоника (Геомиметрика) как трансдисциплинарное направление исследований / В. С. Лесовик // Высшее образование в России. – 2014. – № 3. – С. 77–83.
16. Лесовик В. С. Геоника. Предмет и задачи : монография / В. С. Лесовик. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 213 с.
17. Формирование современной естественнонаучной парадигмы. Философия науки. – Москва : Изд-во РАН Институт философии, 2001. – Вып. 7. – 270 с.
18. Горбов, А. Ф. Геохимия бора / А. Ф. Горбов. – Л. : «Недра», 1976. – 207 с.
19. Барсуков, В. Л. Об изоморфизме бора в силикатах / В. Л. Барсуков // «Геохимия». – 1958. – № 7. – С. 660–666.
20. Чемоданов, Д. И., Физико-химическая механика оксидных систем / Д. И. Чемоданов, Н. Н. Круглицкий, Ю. С. Саркисов. – Томск : изд-во ТГУ, 1989. – 230 с.
21. Саркисов, Ю. С. Вяжущие вещества на основе оксидных систем / Ю. С. Саркисов // Вестник ТГАСУ. – 2013. – № 1. – С. 108–118.
22. Дизендорф, Т. Е. Магнезиальные борсодержащие вяжущие и композиционные материалы на их основе : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Дизендорф Т. Е. – Москва : МХТУ, 1988. – 160 с.
23. Найденова, Д. П. Вяжущие вещества на

ГЕОНИКА: ОТ ГЕОХИМИИ БОРА К ИСКУССТВЕННЫМ МАТЕРИАЛАМ
БОРАТНОГО ТВЕРДЕНИЯ

основе реакций образования щелочноземельных металлов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Найденова Д. П. – Рига, 1987. – 163 с.

Саркисов Юрий Сергеевич, д.т.н., профессор кафедры "Химия" Томского государственного архитектурно-строительного университета, e-mail: sarkisov@tsuab.ru, тел.: 8-3822650907.

Горленко Николай Петрович, д.т.н., профессор кафедры "Химия" Томского госу-

дарственного архитектурно-строительного университета, e-mail: gorlen52@mail.ru, тел.: 8-3822650907.

Рахманова Ирина Анатольевна, старший преподаватель кафедры "Охрана труда и окружающей среды" Томского государственного архитектурно-строительного университета, тел.: 8-903-950-8837, e-mail: ir9039508837@yandex.ru.