



УДК 691.544:666

Н.С. Ступень

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

В статье дан обзор исследований по использованию промышленных отходов в строительстве. Приведены результаты исследований по утилизации микрокремнезема, отходов теплоэлектростанций. Рассмотрены аспекты коррозионных процессов композиционных строительных материалов.

Характерной особенностью научно-технического прогресса является увеличение объема общественного производства. Бурное развитие производительных сил вызывает стремительное вовлечение в хозяйственный оборот все большего количества природных ресурсов. Степень их рационального использования остается, однако, в целом весьма низкой. Промышленные отходы активно влияют на экологические факторы, т.е. оказывают существенное влияние на живые организмы. В первую очередь это относится к составу атмосферного воздуха. В атмосферу поступают газообразные и твердые отходы в результате сгорания топлива и разнообразных технологических процессов. Промышленные отходы активно воздействуют не только на атмосферу, но и на гидросферу, т.е. водную среду. Под влиянием промышленных отходов, сосредоточенных в отвалах, шлакоаккумуляторах, хвостохранилищах и т.д., загрязняется поверхностный сток в районе размещения промышленных предприятий. Сброс промышленных отходов приводит, в конечном счете, к загрязнению вод Мирового океана, которое приводит к резкому снижению его биологической продуктивности и отрицательно влияет на климат планеты. Образование отходов в результате деятельности промышленных предприятий негативно сказывается на качестве почвы. В почве накапливаются избыточные количества губительно действующих на живые организмы соединений, в том числе канцерогенные вещества. В загрязненной «больной» почве идут процессы деградации, нарушается жизнедеятельность почвенных организмов.

На основе развернувшейся планомерной работы по охране окружающей среды можно полагать, что дальнейшее загрязнение атмосферы будет приостановлено и концентрация реагентов, одинаково опасных для человека и различного рода строительных сооружений, будет снижена.

Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов: вещественного состава отходов, их агрегатного состояния, количества, технологических особенностей и т.д. Наиболее эффективным решением проблемы промышленных отходов является внедрение безотходной технологии. Создание безотходных производств осуществляется за счет принципиального изменения технологических процессов, разработке систем с замкнутым циклом, обеспечивающих многократное использование сырья. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы одних производств являются исходными сырьевыми материалами других.

Важность комплексного использования сырьевых материалов можно рассматривать в нескольких аспектах. Во-первых, утилизация отходов позволяет решить задачи охраны окружающей среды, освободить ценные земельные угодья, занимаемые под отвалы и шлакохранилища, устранить вредные выбросы в окружающую среду. Во-вторых, отходы в значительной степени покрывают потребность ряда перерабатывающих отрас-



лей в сырье. В-третьих, при комплексном использовании сырья снижаются удельные капитальные затраты на единицу продукции и уменьшается срок их окупаемости [1].

Одной из эколого-экономических проблем развития любого региона является проблема утилизации отходов многих химических производств, загрязняющих внешнюю среду, а также создание безотходных химических производств.

В этой связи, важной составляющей интегрированного подхода в решении проблем обращения с отходами является закрепление основных принципов на законодательном уровне.

В 2008 году принят Закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами». С принятием Закона изменились принципы государственной политики в области обращения с отходами, приоритетность использования отходов по отношению к их обезвреживанию или захоронению и иное. Определены правовые основы обращения с отходами, направленные на предотвращение их вредного воздействия на окружающую среду, а также на максимальное вовлечение отходов в гражданский оборот в качестве вторичного сырья. Нормы и положения Закона согласуются с требованиями национального законодательства, а также Директивой Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».

Из отраслей-потребителей промышленных отходов наиболее емкой является промышленность строительных материалов. Установлено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40 % потребности строительства в сырьевых ресурсах. Применение промышленных отходов позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений достигает 35–50 % [1].

Была исследована возможность утилизации осадков сточных вод ряда предприятий радиоэлектроники. Выделенные из очистных сооружений осадки сточных вод содержат большое количество ценных компонентов, которые представляют интерес и могут практически использоваться. Но они направляются в отвалы, что создаёт опасность загрязнения окружающей среды. Решение проблемы осуществимо возможностью применения осадков сточных вод – труднорастворимых соединений в производстве двухслойного лицевого и рядового кирпича, керамических камней, стеновых материалов, пористых заполнителей для бетона (керамзита или аглопорита), фасадной керамической плитки, красителей для стекол, глазурей и эмалей. В определенной мере, утилизация этих осадков позволяет осуществлять безотходную технологию, повышать экономическую эффективность, улучшать среду обитания, сокращать затраты на производство.

Анализ свойств и состава глинистого сырья, изделий с добавками осадков проводились по традиционным методикам. Экспериментально было установлено, что в состав осадков входили гидроксиды различных металлов. Среди них гидроксиды меди, кадмия, олова, свинца, титана, хрома, молибдена, марганца, никеля. Они были в виде пастообразных масс, их влажность составляла 50–70 % с $pH = 8–10$.

Было изучено влияние добавок осадков сточных вод от 5 до 15 % в глинистое сырье из красножгучих глин Мызинского, Богдановичского месторождений на технологические характеристики производства стройматериалов и качественные показатели готовой продукции. Оказалось, что при испытаниях изделий с добавками осадков сточных вод они проявили лучшие свойства: увеличился предел прочности при сжатии, уменьшилось водопоглощение, повысилась термостойкость, увеличилась в 1,5–2 раза морозостойкость, улучшился внешний вид, расширилась цветовая гамма.



Многочисленные исследования позволили установить возможность использования отходов ферросплавного производства в качестве гидравлических добавок в вяжущие вещества.

Микрокремнезем (микрокремний, микросилика, кремниевая пыль) – побочный продукт производства кремниевых и феррокремниевых сплавов, представляющих собой высокодисперсную пыль кремнезема, улавливаемую фильтрами из отходящих газов. Он образуется при восстановлении высокочистого кварца с углем. Так как микрокремнезем является отходом производства, то его физико-химические свойства, в частности, дисперсность и содержание активной формы SiO_2 во многом определяется конкретными условиями получения сплавов. По мере увеличения содержания кремния в сплаве увеличивается содержание SiO_2 в кремниевой пыли, но химический состав микрокремнезема для конкретного производства остается постоянным. Микрокремнезем, содержащий не менее 85 % SiO_2 , относится к пуццолановым добавкам с высокой активностью. Микрокремнезем в странах СНГ доступен и использование его перспективно в больших количествах. При введении микрокремнезема значительно улучшаются свойства портландцемента. Использование микрокремнезема в сочетании с водоредуцирующей добавкой повышает прочность, водонепроницаемость, сульфатостойкость и другие свойства цементного клинкера. Повышение прочности цементного камня с добавкой микрокремнезема обусловлено увеличением степени гидратации цемента как за счет создания центров кристаллизации для $\text{Ca}(\text{OH})_2$, так и за счет взаимодействия активного кремнезема с гидроксидом кальция с образованием труднорастворимого низкоосновного мелкокристаллического гидросиликата. Снижение водонепроницаемости цементного камня при введении микрокремнезема является результатом уменьшения числа крупных пор. Благодаря этому, проницаемость цементного камня уменьшается, и устойчивость его к действию агрессивных сред возрастает. Введение микрокремнезема в цемент также дает возможность получить значительный экономический эффект при получении модифицированного цементного вяжущего.

Бурное развитие промышленности, в особенности химической, в последние десятилетия вызвало существенное изменение состава внешней среды в индустриальных районах. Атмосфера, которая характеризуется повышенным содержанием кислых газов, весьма агрессивна и опасна не только человека, но и для бетона и арматуры железобетонных конструкций. Большое значение для перспективы снижения степени агрессивности среды по отношению к бетонным и железобетонным конструкциям, а также сооружениям на основе магнезиального цемента имеет очистка сточных вод, а также защита рек и других водоёмов.

При строительстве предприятий, в технологическом процессе которых предусмотрено участие химически активных (агрессивных) веществ, необходимо учитывать возможность их попадания в грунты и проектировать в связи с этим защиту подземных конструкций.

Необходимая стойкость конструкций может быть достигнута только в том случае, если будет осуществлён комплекс мероприятий, предусматривающих придание её материалу и самой конструкции свойств, определяющих сохранение расчётных параметров (прочности, водонепроницаемости и др.) в течение всего срока службы сооружения.

Для оценки степени агрессивности внешних воздействий в реальных условиях большое значение имеет анализ поведения материала конструкций – бетона и железобетона – в ранее построенных сооружениях. Значительные коррозионные повреждения



строительных железобетонных конструкций отмечаются на многих химических комбинатах: в цехах производства хлора, кислот, солей.

Весьма часто наблюдаются разрушения строительных конструкций, соприкасающихся с грунтами, насыщенными или периодически увлажняемыми минерализованными водами.

Коррозионные процессы в твёрдой и газообразной средах фактически начинаются и протекают только в присутствии жидкой фазы. Для бетонных и железобетонных конструкций это природные и промышленные растворы, содержащие различное количество растворённых веществ (кислот, солей, щелочей) или некоторые органические жидкости.

Атмосферные воды, выпадающие в виде осадков, содержат обычно ничтожное количество солей: хлорид-ионов, как правило, в пределах 1,5–4 мг/л, а сульфатов в расчёте на SO_3 – от 1 до 16 мг/л. Количество SO_3 может быть значительно больше в районе городов, где воздух загрязняется дымовыми газами. Кроме того, атмосферные воды содержат некоторое количество растворённого CO_2 , снижающего pH в результате образования в воде угольной кислоты до 5,7.

Химический состав речной воды в значительной степени зависит от источников питания реки и вида пород, через которые фильтруются воды, и в которых проходит русло реки. Если вода в реке пополняется, в основном, за счёт атмосферных осадков, то она мало минерализована и имеет малую временную жёсткость, если же питание реки происходит грунтовыми водами, то степень минерализации речной воды может быть значительна. Паводковые воды всегда имеют более низкую минерализацию.

По степени минерализации речная вода может быть разделена, по данным О.А. Алекина [2], на четыре ступени: I – малой минерализации (до 200 мг/л); II – средней минерализации (200–500 мг/л); III – повышенной минерализации (500–1000 мг/л); IV – высокой минерализации (более 1000 мг/л).

Химический состав грунтовых вод зависит от многих факторов и в том числе от состава пород и характера почв, с которыми соприкасается вода, состава питающих вод (атмосферных, речных, морских и т.д.), близости вод к поверхности и климатических условий данного района. В гидрогеологических исследованиях предложено несколько вариантов классификации состава подземных вод в зависимости от степени их минерализации. По предложениям К.Е. Питьевой [3] подземные воды можно разделить на четыре группы с различной степенью минерализации. Первая группа – пресные воды со степенью минерализации < 1 г/л. Это преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды. Вторая группа – слабоминерализованные воды 1–10 г/л. Подземные воды этой группы включают гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный типы по анионам и кальциевый, магниевый и натриевый тип по катионам. В третью группу входят минерализованные воды со степенью минерализации 10–30 г/л. Эти воды хлоридного типа по анионам и натриевого типа по катионам. Четвёртая группа включает воды со степенью минерализации более 30 г/л, они относятся к хлоридному типу по анионам и к натриевому, кальциевому, магниевому по катионам. Предельное содержание иона HCO_3^- зависит от того, с какими катионами связан сульфат ион. Содержание ионов HCO_3^- в грунтовых водах невелико. В пресных грунтовых водах при минерализации 5–6 г/л может быть до 0,5–0,6 г/л ионов HCO_3^- . В минерализованных грунтовых водах можно выделить как воды со значительным количеством ионов SO_4^{2-} , так и воды с очень малым содержанием этих ионов, но с большим количеством иона Cl^- , связанно-



го с катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ . В глубинных подземных водах в большом количестве присутствует CO_2 .

Оценить степень агрессивности вод можно только с учётом всего комплекса показателей, включающих химический состав грунтовых вод, назначение сооружений, особенности их конструкций, срок службы, применяемый цемент и требования, предъявляемые к бетону.

Одним из основных факторов, определяющим скорость и степень коррозионных процессов строительных сооружений является химический состав грунтовых вод.

В лабораторных условиях трудно моделировать среды, близкие к грунтовым водам. Для моделирования среды, близкой к грунтовым водам, проводили исследование на упрощённой модели, включающей ионы Na^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} . Для приготовления растворов использовали сульфат натрия, сульфат кальция, карбонат калия, хлорид натрия, гидрокарбонат натрия марок ЧДА. Концентрации растворов сульфата (в пересчёте на ион SO_4^{2-}) – 1500 мг/л, 12000 мг/л, 20000 мг/л приняты из соображений ускоренного получения исследуемых зависимостей. Концентрация растворов по иону HCO_3^- : 85,4 мг/л, 170,8 мг/л, 341,6 мг/л, 512,4 мг/л (или 1,4 мг-экв/л; 2,8 мг-экв/л; 5,6 мг-экв/л; 8,4 мг-экв/л) приняты как наиболее характерные для грунтовых вод на территории Белоруссии и стран СНГ.

Экспериментальные исследования показали, что коррозионные процессы, идущие в цементном камне в сульфатных и сульфатно-гидрокарбонатных средах имеют принципиальные различия. Степень и скорость коррозии зависит от концентрации сульфат и гидрокарбонат-ионов. Наибольший эффект снижения интенсивности коррозии зафиксирован при концентрации гидрокарбонат – ионов около 6 мг-экв/л. Дальнейшее повышение концентрации гидрокарбонат-ионов незначительно влияет на изменение фазового и минералогического состава цементного камня, а также на скорость коррозии [3]. Установлено, что присутствие хлорид-ионов уменьшает агрессивность сульфатно-гидрокарбонатных ионов, что сказывается на замедлении процессов коррозии [4].

Большое внимание уделяется изучению химического состава агрессивных промышленных сред, которые являются отходами различных химических производств. Жидкие агрессивные промышленные среды, которые могут воздействовать на бетон, весьма разнообразны. Их можно разделить на органические и неорганические. Однако это деление не полно, так как в обоих классах соединений есть вещества, действующие однотипно. Правильнее классифицировать агрессивные промышленные среды в соответствии с классификацией коррозионных процессов. В этом плане агрессивные промышленные среды можно разделить на три группы: вызывающие коррозию I вида, которая в условиях жидких агрессивных промышленных сред возможна в некоторых специальных сооружениях, например, резервуарах, лотках и т.п.; вызывающие коррозию II вида (кислоты органические и неорганические, соли сильных кислот, кислые соли и др.); вызывающие коррозию III вида – щёлочи, большинство солей, некоторые мономеры (полимеризующиеся с увеличением объёма) и др. Встречаются также агрессивные промышленные среды и условия, при которых развивается одновременно коррозия двух, а иногда и трёх видов. Например, в сооружениях калийной промышленности растворяющее действие растворов хлоридов натрия или калия (коррозия I вида) сопровождается кристаллизацией этих солей при наличии испаряющей поверхности (коррозия III вида). При действии слабых кислот одновременно идёт коррозия I и II видов. Состав агрессивных промышленных сред обычно изучают применительно к конкретному производству и технологическому процессу. Концентрированные технологические раство-



ры в нормальных условиях эксплуатации не должны контактировать со строительными конструкциями. Наиболее опасны для бетона кислые агрессивные среды [5; 6].

Есть специфическая группа жидких агрессивных сред, которые не взаимодействуют химически с цементным камнем, но влияют на его прочностные свойства. Это так называемые адсорбционно-активные среды. Их действие основано на физико-химическом явлении – адсорбции поверхностно активных веществ на поверхности твёрдой фазы цементного камня. В результате образования моно- или полимолекулярного слоя и проникания молекул адсорбируемого вещества в микродефекты – микрощели твёрдого тела – его прочность понижается. К адсорбционно-активным средам относятся, прежде всего, водные растворы поверхностно-активных веществ (мыл; специфических моющих средств и др.), а также неводные жидкости, содержащие поверхностно-активные вещества (продукты и полупродукты нефтехимических производств).

Специфически действуют на бетон жидкие углеводороды. Проникая в поры бетона, они вытесняют воду с поверхности минералов цементного камня и в зависимости от своей вязкости, летучести или испаряются в последующем (при этом цементный камень восстанавливает свои свойства), или остаются в порах цементного камня (масла), что приводит к понижению его прочности [6; 7].

Свойства агрессивных сред и условия их действия на строительные конструкции весьма разнообразны. Для оценки характера коррозионного процесса и степени агрессивного действия различных веществ, содержащихся во внешней среде, на бетоны необходима классификация таких воздействий по общим признакам. Определяющим фактором скорости коррозионных процессов в цементном камне является скорость внутренней диффузии. Но процесс взаимодействия водного раствора сульфата с минералами гидратированного цементного камня является гетерогенным, его кинетика будет зависеть и от того, в каком виде будут выделяться новообразования, в виде ли рыхлых осадков или в виде плотных пленок, создающих нарастающее сопротивление в поверхностном слое твердой фазы в порах.

Были изучены скорость и степень сульфатной коррозии цементного клинкера в присутствии микрокремнезема (от 10 до 25 % по массе).

Известно, что реальные сульфатные среды характеризуются тем, что сульфат ионы находятся в сочетании с различными катионами, которые при взаимодействии с составными частями цементного камня могут образовывать соединения, способные оказывать различное влияние на фазовый состав в данной системе. В грунтовых и сточных водах чаще всего встречаются сульфаты кальция, магния и натрия. По мнению многих исследователей, наименее агрессивным для данной системы является катион натрия. Поэтому для создания агрессивной сульфатной среды мы использовали сульфат натрия.

Было установлено, что введение микрокремнезема в цементное вяжущее существенно снижает скорость сульфатной коррозии. Это связано с тем, что микрокремнезем существенно улучшает структуру цементного клинкера. В значительной степени уменьшается общая пористость структуры, а это в свою очередь снижает поглощение сульфат-ионов из агрессивной среды. Наиболее эффективным является добавка 15 % микрокремнезема [8]. Дальнейшее увеличение содержания микрокремнезема в цементе существенного влияния на кинетику сульфатной коррозии не оказывало. Введение микрокремнезема в количестве 25 % по массе наоборот резко повышает скорость поглощения сульфат-ионов при твердении цементного клинкера прочностью и водостойкостью. Оказалось возможным применять микрокремнезем в виде добавки в магниевые вяжущие как в подвижных, так и сухих пресованных смесях. На основе этого



были разработаны состав и технология получения композиционных вяжущих повышенной прочности, воздухоустойкости и, что особенно важно, водостойкости, на основе каустического магнезита и микрокремнезема. Введение микрокремнезема в магнезиальные вяжущие позволяет также решить проблему высолов на поверхности изделий.

Композиционные магнезальные вяжущие могут быть использованы для получения прессованных изделий, например, облицовочных декоративных плит, эксплуатируемых в помещениях с повышенной влажностью.

Определена возможность использования в качестве добавок в портландцемент использование шлаков ТЭЦ. Введение в цементный клинкер от 10 до 20 % шлама в значительной степени снижает водопроницаемость вяжущего и замедляет процессы коррозии. Кроме этого, уменьшение выщелачивания гидроксидов кальция позволяет обеспечить сильнощелочную среду, что гарантирует устойчивость стальной арматуры в железобетонных конструкциях [7].

Многолетние исследования коррозии химически чистого железа Армко, чугуна и сталей различных марок в хлоре были предопределены широкомасштабностью промышленного использования этого газа в неорганическом и органическом синтезах и высокой коррозионной агрессивностью этого газа к металлам, неметаллам и синтетическим поделочным материалам. Выбор коррозионно-стойких конструкционных и защитных материалов для аппаратного оформления технологических процессов производится с учетом многих факторов. Для хлора – это в первую очередь влажность, температура, давление и скорость пропускания хлора над поверхностью металлических трубопроводов, компрессоров, баллонов и других деталей. В условиях Полесья особенно важное значение имеет высокая влажность атмосферы и почвы. Незначительное увеличение воды в жидком и газообразном хлоре, неправильный выбор металлов, несоответствующий температурный режим вызывает резкое увеличение скорости коррозии металлов. Всё это требует быстрой количественной оценки.

Хлор, хлорпродукты и проблема охраны окружающей среды имеют серьезное значение в решении экологических и экономических проблем. Коррозия металлов в хлоре протекает, как в замкнутых объемах трубопроводов, цистерн, баллонов и других ёмкостей, так и на открытых поверхностях деталей. В этих условиях очень важны исследования кинетики коррозии металлов, которые позволяют разрабатывать способы защиты металлов от коррозии. Экономическая проблема коррозионных процессов характеризуется большими потерями металла: четвертая часть выплавляемого металла разрушается от коррозии.

Экспериментальное определение скоростей коррозии малоуглеродистой стали марки 08 кп-10кп в токе хлора влажностью 0,06 % (весовых) при температуре 50°С. показали средние значения скоростей коррозии через 60 минут хлорирования – 20,7547 г/м² час; на 120 минуте – 17,7391 г/м² час; на 240 минуте – 16,4720 г/м² час; на 300 минуте – 15,2609 г/м² час; на 360 минуте – 13,3925 г/м² час. Исследования проводили термографическим и весовым методами [1; 2]. Увеличение влажности хлора с 0,06 % до 0,09 % при температуре 50°С показало повышение скоростей коррозии малоуглеродистой стали марки 08 кп-10 кп во все соответствующие отрезки времени: через 60 минут хлорирования – в 2,1 раза; через 120 минут – в 1,8 раза; через 180 минут – 1,6 раза; через 240 минут – в 1,5 раза; через 360 минут – 1,5 раза. Такое значительное увеличение скоростей коррозии в токе хлора в отдельные моменты времени в течение шести часов хлорирования малоуглеродистой стали указывает и на методы снижения скоростей разрушения железа в виде стали. Это осушение хлора, снижение его влажности. Практиче-



ская целесобразнасць уменшэння вільнасці хлора пры яго выкарыстанні ў прамысловасці добра паказана ў рабоце [9].

Звычайна ў пячве і ў вады вадоемаў Беларусіі змяшчаюцца дастатковыя колькасці жалеза, неабходнага для жыццядзейнасці жывых арганізмаў. Ізбыток іонаў жалеза оказывае адмоўнае ўплыв на біяхімічныя працэсы чалавека і жывотных. У лік васьмі самых небяспечных токсічных элементаў для жывых арганізмаў уваходзіць і жалезо.

Такім чынам, у наш час пераафармленне сістэмы абароны адходаў прызнаецца адной з галоўных праблем аховы асяроддзя. С цэллю мінімізаваць негатыўнае ўздзеянне адходаў на асяроддзе трэба існаваць асноўным прынцыпам, якія заключаюцца ў наступным:

- мінімізацыя ўтварэння адходаў (уводзіцца безотходных і малоотходных вытворчасцяў);
- максімальнае паўторнае выкарыстанне і другасная пераапрацоўка адходаў;
- экалагічна і эканамічна абгрунтаванае абезврежыванне, і захаванне неіспальзуемай часткі адходаў.

Утылізацыя адходаў розных хімічных вытворчасцяў, у першую чаргу, мае вялікае значэнне ў вырашэнні экалагічных і эканамічных праблем, у другую, дазваляе ствараць новыя кампазіцыйныя будавальныя матэрыялы, якія маюць неабходныя эксплуатацыйныя ўласцівасці.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов, Л.Н. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.Н. Попов. – М. : Знание, 1978. – 234 с.
2. Алексин, О.А. Гидрохимия / О.А. Алексин. – Л. : Наука, 1970. – 185 с.
3. Питьева, К.Е. Гидрохимия / К.Е. Питьева. – М. : Наука, 1971. – 256 с.
4. Попов, Л.Н. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.Н. Попов. – М. : Знание, 1978. – 234 с.
5. Ступень, Н.С. Исследование системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ в присутствии ионов SO_4^{2-} и HCO_3^- / Н.С. Ступень, Б.С. Шевченко, Ю.В. Волинчук // Веснік Брэсцкага ўн-та., 2003. – № 2 (34). – С. 55–61.
6. Ступень, Н.С. Исследование системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ в присутствии ионов SO_4^{2-} и HCO_3^- / Н.С. Ступень, Б.С. Шевченко // Веснік Брэсцкага ўн-та. – 2004. – № 2 (40). – С. 56–60.
7. Москвин, В.М. О роли ионного и солевого состава раствора при сульфатной коррозии бетона / В.М. Москвин, Г.В. Любарская // Бетон и железобетон. – 1982. – № 9. – 16–18 с.
8. Ступень, Н.С. Сульфатная коррозия цемента в присутствии микрокремнезема / Н.С. Ступень, В.В. Коваленко // Веснік Брэсцкага ўн-та. – 2006. – № 2 (26). – С. 54–57.
9. Товмасьян, И.К. Защита металлов / И.К. Товмасьян, Б.С. Шевченко, Н.М. Гонтмахер // ЖПХ. – Вып. 1. – М., 1998. – С. 145–147.

N.S. Stupen. Ecological Aspects of Industrial Waste Use

The article presents a review of research on the use of industrial wastes in building. The results of the studies on the recycling of microsilica, wastes of thermal power plants are given. The aspects of corrosion processes of composite building materials are considered.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 20.09.2011 г.