



УДК 621.074

© С. А. Хохлов, А. Р. Воинов, 2008

МАЛОАКЦЕНТИРУЕМЫЕ ВОПРОСЫ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ РОССИЙСКОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Хохлов С. А. – генеральный директор ОАО «Амурметалл»; *Воинов А. Р.* – канд. техн. наук, доц. кафедры «Литейное производство и технология металлов» (ТОГУ)

В статье описано повышение роли некапиталоемких способов снижения материалоемкости изделий. Ресурсоёмкость снижается при вовлечении в технологический процесс производства продукции металлургических отходов.

Шлаковые отвалы занимают большие площади земель и увеличивают расходы предприятий для возмещения повышенной нагрузки на окружающую среду. В то же время увеличиваются затраты на добычу и транспортировку материальных ресурсов. Показана принципиальная возможность утилизации шлакоотвалов.

Приведены направления государственного экономического стимулирования промышленности. Масштабное применение полезных компонентов из вторичных ресурсов повысит конкурентоспособность продукции по отраслям и рационализирует транспортные потоки.

The article describes the high role of non capital-intensive ways to decrease materials output ratio. Resource capacity is reduced by involving of metallurgy slag in technological process of manufacture.

The slags occupy large territory and increase the charges of enterprises to compensate the increased environmental pollution. At the same time the expenses for production and transportation of material resources are increased. The recycling of mixed slags is described.

The directions of state economic stimulation of industry are shown. The wide application of useful components from secondary resources will raise competitiveness of products and rationalize transport flows.

Ключевые слова: ресурсосбережение, экономический рост

Ресурсосбережение – это деятельность (организационная, экономическая, техническая, научная, практическая, информационная), методы, процессы, комплекс организационно-технических мер и мероприятий, сопровождающие все стадии жизненного цикла изделий и направленные на рациональное использование и экономию ресурсов. При выполнении работ и оказании услуг под ресурсосбережением понимают энерго- и материалосбережение. Важная черта современного материалопотребления – повышение роли некапиталоемких способов снижения материалоемкости изделий.

В металлургии различия качества поставляемых науглероживателей и резкое увеличение стоимости первичных шихтовых материалов с низким содержанием примесей, отрицательно влияющих на свойства литого металла, обуславливает необходимость повышения доли вторичных материалов и возврата в составе шихты.

Минэкономразвития и Минэнерго России при подготовке плана действий Правительства РФ по реализации основных направлений социально-экономического развития включают в него мероприятия, предусмотренные Энергетической стратегией России на период до 2020 года [1].

Потребителям энергетических ресурсов, осуществляющим мероприятия по энергосбережению, в том числе за счет производства и потребления продукции с лучшими, чем предусмотрено государственными стандартами, показателями, предоставляются льготы. Порядок консолидации указанных средств и их использования потребителями в целях финансирования энергосберегающих проектов определяется органами исполнительной власти субъектов РФ. Главным средством решения поставленных задач является формирование цивилизованного энергетического рынка и недискриминационных экономических взаимоотношений его субъектов между собой и с государством. При этом государство, ограничивая свои функции как хозяйствующего субъекта, усиливает свою роль в формировании рыночной инфраструктуры в качестве регулятора рыночных взаимоотношений.

Показатели ресурсосбережения подразделяют на четыре классификационных группы: ресурсосодержание, ресурсоёмкость, ресурсоэкономичность и утилизируемость [2].

В целях стимулирования эффективного использования энергоресурсов в порядке, определяемом Правительством РФ [3], применяется установление сезонных цен на природный газ и сезонных тарифов на электрическую и тепловую энергию, а также внутрисуточных дифференцированных тарифов на электрическую энергию. Если следствием осуществления мероприятий по энергосбережению у пользователей является недоиспользование энергетических ресурсов, в том объеме,



который предусмотрен договорами с энергоснабжающими организациями, то организации-потребители энергетических ресурсов от денежного возмещения за произведённую недорасходованную энергию освобождаются.

Такой подход к «стимулированию» обусловлен тем, что в организациях-потребителях за счет использования новейших научно-технических достижений в целях реализации ресурсосберегающих технологий при производстве продукции зачастую снижаются также нормативы образования отходов, т.е. установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции.

Государственный контроль за деятельностью в области обращения с отходами включает [4]:

- контроль за выполнением экологических требований (государственный экологический контроль) в области обращения с отходами;
- контроль за выполнением санитарно-эпидемиологических и иных требований в области обращения с отходами;
- контроль за соблюдением требований к трансграничному перемещению отходов;
- контроль за соблюдением требований пожарной безопасности в области обращения с отходами;
- контроль за соблюдением требований предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, возникающих при обращении с отходами;
- контроль за соблюдением требований и правил транспортирования опасных отходов;
- контроль за выполнением мероприятий по уменьшению количества отходов и вовлечению отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья;
- контроль за достоверностью предоставляемой информации в области обращения с отходами и отчетности об отходах.

Юридические лица, осуществляющие деятельность в области обращения с отходами, организуют и осуществляют производственный контроль [5, 6] за соблюдением требований законодательства РФ в области обращения с отходами, а порядок осуществления производственного контроля определяют по согласованию с федеральными органами исполнительной власти или органами исполнительной власти субъектов РФ.

Управление отходами включает в себя организацию сбора отходов, их утилизацию (переработку) или ликвидацию (сжигание, захоронение), а также мероприятия по уменьшению количества отходов.

Деятельность по обращению с опасными отходами подлежит лицензированию, а собственники объектов размещения отходов, лица, во

владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, после окончания эксплуатации данных объектов обязаны проводить контроль за их состоянием и воздействием на окружающую природную среду и работы по восстановлению нарушенных земель.

Среди основных принципов государственной политики РФ в области обращения с отходами:

- поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей природной среды;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;
- комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов.

Организация, в ведении которой находится полигон твердых бытовых отходов, обеспечивает безопасное в санитарно-гигиеническом отношении хранение и захоронение отходов.

Экономическое стимулирование деятельности в области обращения с отходами (деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов) относится к основным принципам экономического регулирования и осуществляется посредством:

- снижения размера платы за размещение отходов индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, осуществляющим деятельность, в процессе которой образуются отходы, при внедрении ими технологий, обеспечивающих уменьшение количества отходов;
- применения ускоренной амортизации основных производственных фондов, связанных с осуществлением деятельности в области обращения с отходами, что позволяет высвободить оборотные средства для проведения работ по реконструкции и обновлению основных фондов предприятий.

Такой подход к стимулированию обусловлен тем, что разработка и реализация региональных программ в области обращения с отходами осуществляется с целью подготовки к участию в разработке и выполнении федеральных программ в области обращения с отходами для осуществления мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, возникших при осуществлении обращения с отходами и обеспечения экономических, социальных, правовых условий более полного использования отходов и уменьшения их образования.

Сбор и вывоз отходов в Хабаровском крае производится с соблюдением санитарных норм и правил по планово-регулярной системе согласно схемам, разработанным и утвержденным специализированными



организациями по согласованию с владельцами мест (площадок) сбора отходов, комитетами по управлению округами администрации, на территории которых расположены места (площадки) для сбора отходов, федеральным государственным учреждением здравоохранения "Центр гигиены и эпидемиологии в Хабаровском крае", комитетом по охране окружающей среды администрации, ГИБДД, владельцами объектов размещения отходов.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели при осуществлении деятельности которых образуются отходы:

- согласовывают в установленном порядке и обустривают места (площадки) для сбора отходов или арендуют места (площадки) для сбора отходов;

- заключают договоры со специализированными организациями на сбор и вывоз отходов с мест (площадок) их сбора или, при вывозе отходов собственным транспортом, в установленном порядке разрабатывают и утверждают схемы сбора и вывоза отходов и заключают договоры на прием отходов с владельцами объектов размещения отходов;

- обеспечивают сбор и вывоз образуемых отходов по планово-регулярной системе с учетом периодичности и сроков вывоза отходов согласно санитарным правилам и утвержденной схеме сбора и вывоза отходов;

- назначают ответственных должностных лиц в области обращения с отходами;

- проводят обучение персонала правилам сбора и вывоза отходов.

Ресурсоемкость производства непосредственно определяет ключевые народно-хозяйственные пропорции между объемами выпускаемой продукции и потребляемых ресурсов, а снижение материалоемкости способствует улучшению этих пропорций.

Удельные веса материальных затрат по отдельным производствам металлургической отрасли из-за особенностей учета и калькулирования несопоставимы.

Доля отвальных металлургических шлаков увеличивается, занимая все большие площади земель, выводимых из сельскохозяйственного оборота, повышается нагрузка на окружающую среду и, тем самым, расходы металлургических предприятий за утилизацию шлаков в отвалы. Нестабильные сталеплавильные шлаки подвержены распаду при хранении. Продукты распада, ввиду их основности и высокого содержания серы, наносят вред атмосфере и водной среде. В то же время велики затраты на транспортировку материалов для металлургического передела. Увеличение стоимости захоронения отходов, ужесточение природоохранных требований и снижение порога общественной тер-

пимости приводят к необходимости принятия экологически сбалансированных решений при эксплуатации предприятий.

Как правило, при обосновании целесообразности использования вторичных ресурсов отмечаются значительно меньшие затраты на их переработку в готовые изделия или на получение полезного эффекта на их базе по сравнению с применением первичных ресурсов (в 5÷6 раз меньшие удельные капиталовложения на единицу тепла из вторичных энергоресурсов, чем из первичного топлива; в 15 раз меньшие капитальные затраты на 1 т металлошихты из лома вместо свежего первичного чугуна доменной плавки; снижение в 20 раз затрат электроэнергии на производство 1 т алюминия из вторичного сырья по сравнению с первичным алюминием и т. д.) [7].

Степень безотходности технологии при переработке тех или иных сырьевых ресурсов должна определяться конкретными потребностями отраслей хозяйства в образующихся побочных продуктах [8].

Например, шлаки алюминиевого производства, содержащие до 5 % алюминия могли бы с успехом конкурировать со специально производимыми раскислителями – ферросилицием и силикокальцием.

Отвальные шлаки предприятий черной металлургии чаще всего представляют из себя конгломерат различных отходов промышленного производства, состав которых изменяется в широких пределах. Поэтому с точки зрения стабильности химического состава таких шлаков их утилизация является достаточно сложным процессом.

Для сталеплавильных шлаков характерно высокое содержание железа в виде оксидов и металлических включений. По данным ряда металлургических предприятий можно считать, что содержание металлического железа в виде корольков и скрапа находится в пределах 15÷20% в мартеновских шлаках и 12÷15 % – в конвертерных.

Металлургические шлаки представляют сложные системы, в которых основу составляют CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , FeO , присутствуют оксиды Mn , Ba , Cr , P , Ti , B , V и ряд других соединений. Кроме FeO шлаки могут содержать и высшие оксиды железа – Fe_3O_4 , Fe_2O_3 . Сера в шлаках находится в виде сульфидов или сульфатов Ca , Mn и Fe .

Отвальные шлаки чаще всего не организованы и представляют собой весьма сложные и разнообразные массы, переработка которых затруднительна. Пока единственный применяемый способ переработки таких шлаков – извлечение железа и железосодержащих материалов с помощью магнитной сепарации. Сталеплавильные шлаки, из которых даже сравнительно полно извлечен металл, содержат ряд ценных элементов.

Вопросы использования отвальных металлургических шлаков решаются в основном в направлении использования их в дорожном



строительстве, наполнителями железобетонных конструкций, сельском хозяйстве для раскисления почв, хотя велико недоиспользование их металлических компонентов. Это обусловлено тем, что металлы в отвальных металлургических шлаках находятся в виде оксидов, сульфидов и прочих соединений. Общее количество шлаковых отвалов, скопившихся за годы действия мартеновского производства только одного дальневосточного передельного завода «Амурсталь» г.Комсомольск-на-Амуре – миллионы тонн.

Грубодробленый шлак используют в виде щебня для засыпки котлованов, выемок в дорожном строительстве. Кроме того, сталеплавильные шлаки в небольших количествах перерабатывают в известковую муку. Сепарация шлаков металлургического производства, при правильно подобранной скорости конвейерной ленты, дает возможность получения металлургического скрапа с содержанием металлической части 55–95 %, который ранее пробовали подавать на подшивку при выплавке сталей, однако, непредсказуемый состав такого металlosырья нарушает шлаковый и энергетический режимы плавки, обуславливает значительные выпадения в химическом составе конечного продукта относительно требуемого до 0,1 % от общей выплавки. В условиях повышенных требований, предъявляемых к товарной металлопродукции после выхода России в «рынок без границ», потери оказались чрезмерно дороги, вследствие чего использование отвального металlosкрапа прекратили. К тому же непостоянство содержания металла в отвальном скрапе затрудняет расчет технологического выхода годного.

Комплексная переработка шлаков при утилизации шлакоотвалов в настоящее время заключается в том, что сталеплавильные шлаки перерабатывают преимущественно в твердом состоянии. Их дробят, подвергают грубому отбору металла, часто дробят вторично и сепарируют.

Таким образом, можно сделать вывод в пользу того, что переработка отходов металлургического производства развивается в основном по первому пути – массовая переработка с получением шлакоемких, но менее эффективных в экономическом отношении материалов: гранулированного шлака, щебня, пемзы и т. д. Второй путь – производство менее шлакоемких, но более ценных материалов: шлакового литья, шлакоситаллов – развит еще очень слабо. Тем не менее, все отходы являются уникальным сырьем, поскольку представляют из себя готовую минералогическую фазу и химический состав, позволяющие получать сбалансированную шихту [9, 10] для получения шлакокаменного литья – альтернативного варианта повышения износостойкости при замене металлических труб, частей узлов и агрегатов, работающих в условиях абразивного и коррозионного износа.

Решение вопроса переработки металлургического скрапа, полученного сепарацией отвального основного мартеновского шлака, найдено в получении качественного полупродукта с новым уровнем свойств, позволяющих его использовать для дальнейшей точной шихтовки при выплавке высококачественной стали.

Наибольшая производительность при выплавке стали достигается сокращением времени завалки шихты, что в свою очередь зависит от количества подвалок плавильных печей, сокращаемого повышением плотности шихты. Наиболее тяжеловесная шихта обеспечивается применением шихтовой болванки с точно известным химическим составом. Апробацию способа получения шихтовой болванки Ст0 из отвального металлоскрапа с целью определения количества металла, возможного для извлечения из скрапа, провели на оборудовании лаборатории «Новые технологии в металлургии» Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук в ППИ 0,06, где выход годного получен до 50 % от объема заваленного скрапа.

Одновременно на оборудовании литейного цеха ОАО «Амурметалл» в печи ДСМ-3М из металлургического скрапа, полученного путем сепарации отвального основного мартеновского шлака, опробована технология выплавки синтетического чугуна с применением в качестве науглероживателя МТЛ (0-13).

Потребителям передельный чугун поставляется с указанием массовой доли углерода. По согласованию с потребителем высококачественный передельный чугун изготавливают с массовой долей марганца > 1,5 %, что учитывается при легировании сталей.

В таблице приведен поплавоочно химический состав и маркировка полученных опытных образцов сплавов.

В итоге определено среднее содержание металла в отвальном скрапе – 70 % от массы скрапа, что обязывает использовать этот материал при производстве полупродуктов для выплавки сталей заданного качества в целях ресурсосбережения относительно производства и транспортировки для передела чугуна первичной плавки, а также выплавки синтетического чугуна для модифицирования из стального металлолома.

Восстановление части окислов введением предварительно термобработанного мелкодисперсного углеродсодержащего материала в дуговой электропечи позволяет более полно извлечь металлическую составляющую по сравнению даже с выплавкой из отвального скрапа шихтовой болванки Ст 0 в индукционных печах.

Металлургический скрап, полученный из шлакоотвалов – продукт ценный, но крайне низкотехнологичный и его целесообразно сначала



перерабатывать в полупродукт – синтетический чугун с точно известным усредненным химическим составом, который можно использовать для дальнейшего передела и модифицирования.

Химсостав и маркировка полученных опытных образцов металла

Номер плавки	Химический состав						Маркировка (ГОСТ 805-95)
	C	Mn	Cr	Si	S	P	
000005	2,95	0,74	0,33	0,82	0,043	0,091	П1 группа 2 класс А категория 5
000007	2,87	1,02	0,25	0,64	0,024	0,008	ПВК2 группа 3 класс А категория 3
000009	3,29	0,58	0,28	0,47	0,031	0,066	П2 группа 2 класс А категория 4
000010	3,62	0,94	0,27	0,87	0,015	0,086	П1 группа 2 класс А категория 2

Расчет экономической целесообразности получения синтетического чугуна, пригодного для модифицирования, проводили по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \times A, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – годовой экономический эффект;

Z_1 – затраты при переделе стального металлолома в чугун:

$$Z_1 = (X + C_1); \quad (2)$$

Z_2 – затраты при переделе отвального металлоスクрапа в чугун:

$$Z_2 = (X + C_2); \quad (3)$$

C_1 – стоимость металлолома для производства 1 т годного синтетического чугуна;

C_2 – стоимость отвального металлоスクрапа для производства 1 т годного синтетического чугуна;

A – годовой объем производства синтетического чугуна.

Расчетный годовой экономический эффект при объеме производства в трехтонной дуговой электропечи только 700 т/мес в денежном выражении составил более 10 млн р.

Сталь, выплавленная с подшихтовкой чугунами опытных плавок, имела предполагаемое изначально [11] ультрамелкозернистое строение в слябах сечением 1080×150 мм из Ст3 и в сортовой непрерывнолитой заготовке 25×25 мм из 25Г2С, к тому же подшихтовка стали синтети-

ческим чугуном на выпуске из печи позволяет корректировать химический состав получаемой стали и ее структуру, а также сократить время разлива 125-тонного сталеразливочного ковша на 2÷4 мин, что показало полную применимость метода утилизации металлической части основных мартеновских шлаков и использование эффективных натуральных измерителей, дополняющих общие стоимостные показатели выпуска продукции, нацеливающих на экономию материалов в управлении материальными ресурсами в целом по металлургической отрасли.

Разливкой в уширенные сверху открытые кокилы получен марочный синтетический чугун с отбеленным на 3÷5 мм поверхностным слоем.

Комплексная переработка отходов металлургического производства, в том числе шлаков, позволяет утилизировать промышленные отвалы и в то же время снизить народно-хозяйственные затраты по отраслям, так как отпадает необходимость производить затраты на вскрышные работы, добычу природных материалов, постройку и эксплуатацию доменных печей и т.д.

Описанные элементы технологии, в целом, допускают переработку всех отходов, ранее накапливаемых, избегая негативных побочных воздействий на качество стали и производительность оборудования основных цехов.

На современном этапе экономика России характеризуется высокой ресурсо- и энергоемкостью, в 2-3 раза превышающей удельную энергоемкость экономики развитых стран. Причинами такого положения, кроме суровых климатических условий и территориального фактора, являются сформировавшаяся в течение длительного периода времени структура промышленного производства и нарастающая технологическая отсталость энергоемких отраслей промышленности.

Ориентация экономики на ресурсо- и энергоемкий рост угрожает консервацией технологической отсталости и опережающим ростом внутреннего спроса на ресурсы, в результате которого даже при достижении максимальных технически реализуемых показателей роста производства спрос на них сможет быть обеспечен путем расширения импорта или (и) ограничения экспорта.

Народно-хозяйственное значение снижения материалоемкости производства определяется, прежде всего, резко увеличивающимися масштабами этих затрат.

Хотя последовательное усиление режима экономии является одним из важнейших факторов интенсификации производства, важно и то, что усложняются горно-геологические условия добычи руд и топлива, большинство вновь вовлекаемых в эксплуатацию месторождений



находится в северных и восточных районах страны, отличающихся высокими затратами на их освоение. По многим видам сырья снижается среднее содержание полезных компонентов в добываемой руде.

Вместе с тем в отраслях хозяйства сохраняются большие резервы дальнейшего снижения стоимости производства металлопродукции и уменьшения ресурсоёмкости за счет использования отходов производства.

Главное же – удельный вес затрат ресурсов в настоящее время меняется не только в зависимости от изменения смежной группы затрат в себестоимости продукции – расходов на заработную плату, варьированием которой зачастую скрываются промахи неумелого хозяйствования современных предприятий, но и под влиянием эффективности использования энергетических и материальных ресурсов.

Государство создало экономические, социальные, правовые условия для более полного использования отходов и уменьшения их образования, и самое время вводить практику пользования предоставляемыми льготами.

Отходы – это не только неизбежный вещественный атрибут жизнедеятельности и производственной деятельности человека, но и важный показатель уровня экономического развития и экологической культуры государства (общества, социума).

В Хабаровском крае 2007 -2008 гг. предусмотрена разработка типового проекта порядка сбора отходов производства и потребления на территориях муниципальных образований края, предусматривающего их разделение на виды, что возложено на министерство природных ресурсов края, администрации городских округов и муниципальных районов края, МТУ Ростехнадзора по ДФО (по согласованию).

Согласно «Гигиеническим требованиям к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления (СанПиН 2.1.7.1322-03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 30.04.2003 года), условия сбора и накопления определяются классом опасности отходов, способом упаковки и отражаются в Техническом регламенте (проекте, паспорте предприятия, ТУ, инструкции) с учетом агрегатного состояния и надежности тары.

В направлении снижения народно-хозяйственных затрат при получении товарной продукции с применением полезных компонентов отходов металлургии в настоящее время продолжают соответствующие научно-исследовательские работы. Эти работы имеют важное значение как в части рассмотренных выше экологических вопросов, так и для увеличения экономической эффективности переработки отходов.

Кроме рассмотренных выше вопросов, авторами изучались пирометаллургические аспекты получаемого при плавке отходов расплава,

т. е. приемлемые для этого пределы значений теплофизических свойств шлака, пределы его химического состава (физико-химических свойств) и возможности последующего использования этого шлака в других отраслях. И в этом направлении необходимо объединение ученых-металлургов со специалистами других областей науки и техники. Объем статьи не позволяет останавливаться на этих вопросах, однако отметим, что при переработке такого нетрадиционного вида сырья, как отходы металлургии, имеется возможность легкого проведения корректировки состава расплавов посредством флюсующих добавок к загружаемой шихте.

Библиографические ссылки

1. *Распоряжение* Правительства Российской Федерации от 28.08.2003 № 1234-р г. М., 2003.
2. *Национальный стандарт* Российской Федерации. Ресурсосбережение. Классификация и определение показателей. ГОСТ Р 52107-2003. Утв. Постановлением Госстандарта России от 03.06.2003 № 236-ст.
3. *Об энергосбережении*: ФЗ от 03.03.1996 № 28-ФЗ (в ред. от 18.12.2006 г.) // СЗ РФ. 1996. № 15.
4. *Об отходах* производства и потребления : ФЗ от 24.06.1998 № 89-ФЗ (в ред. от 08.11.2007 г.) // СЗ РФ. 1998. № 26.
5. *О техническом регулировании*: ФЗ от 27.12.2002 № 184-ФЗ // СЗ РФ. 2002. № 52 (Ч.1).
6. *Об экологической экспертизе*: ФЗ от 23.11 1995 (в ред. от 18.12.2006) // СЗ РФ. 1995. № 48.
7. *Лисенко В. Г., Щелоков Я. М., Щеклеин С. Е.* Топливо-ценовые эквиваленты и энерго-технологический анализ технологических процессов // *Промышленные печи и трубы* 2006. № 1.
8. *Использование* вторичных ресурсов: экон. аспекты / Под ред. Д. У. Пирса, И. Уолтера. М., 1981.
9. *Чернов В. П.* Использование отходов производства для получения износостойких отливок // *Литейное производство*. 2000. № 3.
10. *Чернов В. П., Бахметьев В. В.* Применение отходов промышленного производства для получения литых изделий. Магнитогорск, 2002.
11. *Металлургия* и материаловедение: Справочник / Р. Циммерман, К. Гюнтер; Под ред. Б. И. Левина, Г. М. Ашмарина. М., 1982.