

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес-процессами и экономики  
Кафедра «Экономика и международный бизнес горно-металлургического  
комплекса»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Р.Р. Бурменко  
подпись  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Направление 38.03.01 «Экономика»  
Профиль 38.03.01.06.09 – Экономика предприятий и организаций  
(горная промышленность)

Разработка организационно-технических направлений снижения себестоимости  
производства германия (на примере АО «Германий»)

Руководитель	_____	<u>доцент</u>	<u>Р.Р. Бурменко</u>
	подпись, дата		
Выпускник	_____		<u>К.Ю. Чеснокова</u>
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____	<u>доцент</u>	<u>Р.Р. Бурменко</u>
	подпись, дата		

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт управления бизнес-процессами и экономики  
Кафедра «Экономика и международный бизнес горно-металлургического  
комплекса»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Р.Р. Бурменко  
подпись  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студентке Чесноковой Ксении Юрьевне  
Группа ПЭ 12-02, 38.03.01.06.09 Экономика предприятий и  
организаций  
(горная промышленность)

**Тема выпускной квалификационной работы** «Разработка организационно-технических направлений снижения себестоимости производства германия (на примере АО «Германий»)»

**Утверждена приказом по университету-** №2762/с-а от 02.03.2016 г.

**Руководитель ВКР:** Бурменко Русудана Рашидовна, заведующий кафедры экономики и международного бизнеса горно-металлургического комплекса

**Исходные данные для ВКР:** Практические материалы, собранные в период производственной и преддипломной практик; бухгалтерский баланс; форма №2 «Отчет о прибылях и убытках»; форма №5 «Приложение по бухгалтерскому балансу»; технико-экономические показатели предприятия, статистические данные, предоставленные АО «Германий», аналитические исследования, учебные издания, публикации с электронных ресурсов.

**Перечень разделов ВКР:**

1. Характеристика отрасли полупроводниковых материалов;
2. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия;
3. Оценка эффективности снижения себестоимости производства монокристаллического германия.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

Р.Р Бурменко

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

К.Ю. Чеснокова

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка организационно-технических направлений снижения себестоимости производства германия (на примере АО «Германий»)» содержит 71 страницу текстового документа, 4 приложения, 28 использованных источников.

АНАЛИЗ, ВЫПУСКАЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ,  
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ГЕРМАНИЙ, ВЫСОКОЧИСТЫЙ  
ГЕРМАНИЙ, ЗАТРАТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО.

Объект исследования-АО «Германий».

Цель работы - расчет основных технико-экономических показателей для обоснования эффективности технического перевооружения.

Задачами бакалаврской работы являются:

- Провести анализ хозяйственной деятельности;
- Проанализировать технологию производства;
- Исследовать возможные варианты снижения себестоимости 1 кг. монокристаллического германия;
- Дать технико-экономическое обоснование предлагаемых решений.

В дипломном проекте был проведен анализ производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия, анализ мировых и российских рынков выпуска германия, анализ технологии производства.

На основании проведенного анализа был разработан проект технического перевооружения, которые заключается в замене двух действующих установок по выращиванию монокристаллического германия Редмет-10 на одну установку TDR-Z80. В проекте произведен расчет технико-экономических показателей внедрения нового оборудования в производство.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Характеристика отрасли полупроводниковых материалов.....	6
1.1 Роль полупроводников материалов в хозяйственной деятельности.....	6
1.2 Анализ рынка металлического германия и его соединений.....	10
1.2.1 Мировые производители германия.....	10
1.2.2 Российский рынок металлического германия.....	13
1.3 Характеристика деятельности АО «Германий».....	14
1.3.1 Общие сведения о предприятии.....	14
1.3.2 Технология производства германия.....	16
2 Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия.....	18
2.1 Анализ хозяйственной деятельности.....	18
2.1.1 Анализ производственной программы предприятия.....	18
2.1.2 Анализ использования трудовых ресурсов.....	22
2.1.3 Анализ использования основных средств.....	25
2.1.4 Анализ себестоимости реализованной продукции.....	31
2.1.5 Анализ себестоимости монокристаллического германия.....	34
2.2 Анализ финансового состояния АО «Германий».....	35
2.2.1 Анализ финансовой устойчивости.....	35
2.2.2 Анализ платежеспособности и ликвидности баланса.....	43

2.2.3	Анализ вероятности банкротства предприятия.....	48
2.2.4	Анализ отчета о финансовых результатах.....	50
2.2.5	Анализ показателей деловой активности.....	52
3	Оценка эффективности снижения себестоимости производства продукции.....	56
3.1	Организационно-технические направления снижения себестоимости.....	56
3.2	Оценка эффективности внедрения установки выращивания монокристаллов германия.....	62
3.2.1	Расчет капитальных вложений.....	62
3.2.2	Расчет эксплуатационных затрат.....	63
3.2.3	Расчет экономического эффекта.....	67
3.2.4	Технико-экономические показатели проекта.....	68
	Заключение.....	71
	Список использованных источников.....	72
	Приложения А.....	74
	Приложение Б.....	75
	Приложение В.....	76
	Приложение Г.....	77

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с развитием науки и техники металлический германий прочно закрепляет свои позиции в области наукоемких технологий.

Германий и его соединения находят применение в высокотехнологических областях техники, медицины и промышленности. Оптика из германия используется в приборах ночного видения. Германий также используется в датчиках излучений. Из него изготавливаются подложки для фотоэлектрических преобразователей, применяемых в солнечных батареях (прежде всего, космического базирования). В светотехнике германий используется как реагент для производства люминофоров, в химической промышленности — как катализатор, в металлургии применяется для изготовления специальных сплавов, в медицине — в составе биоактивных добавок и противораковых препаратов. На использовании германия основываются многие нанотехнологические решения.

За последние пять лет мировая потребность в монокристаллическом германии постоянно возрастала, это связано с редкими свойствами металла, которые обеспечивают его применение в современных устройствах электроники. Таким образом, развитие новых технологий напрямую зависит от использования монокристаллического германия.

На предприятии АО «Германий» осуществляется широкий выпуск продукции из германия и полный цикл переработки. Однако производственные мощности предприятия не удовлетворяют требованиям научного прогресса. На перделе получения монокристаллического германия при эксплуатации действующего оборудования имеют место быть невозвратные потери материальных ресурсов в размере 40%. Также действующие установки по выращиванию не обеспечивают выпуск крупногабаритного германия, что на сегодняшний день является необходимым для удовлетворения потребности клиентов.

Комплексную проблему снижения затрат и выпуска крупногабаритного германия можно решить с помощью технического перевооружения производства.

Объектом исследования – АО «Германий». Предметом исследования – повышение эффективности работы оборудования.

Актуальность предложенного решения позволит предприятию увеличить объемы выпускаемой продукции, снизить себестоимость на 1 кг. монокристаллического германия, а также обеспечить потребителей производством крупногабаритного германия.

Целью данной бакалаврской работы является расчет основных технико-экономических показателей для обоснования эффективности технического перевооружения.

Задачами бакалаврской работы являются:

- Провести анализ хозяйственной деятельности;
- Проанализировать технологию производства;

- Исследовать возможные варианты снижения себестоимости 1 кг. монокристаллического германия;
- Дать технико-экономическое обоснование предлагаемых решений.



# 1 Характеристика отрасли полупроводниковых материалов

## 1.1 Роль полупроводниковых материалов в хозяйственной деятельности

Отрасль полупроводниковых материалов является областью науки и техники, а также отраслью цветной металлургии, охватывающей процессы получения неорганических полупроводниковых веществ и материалов и изделий из них с заданными свойствами. Возникновение этого направления металлургии связано с изобретением в конце 1940-х гг. полупроводникового триода (транзистора). В настоящее время класс полупроводниковых веществ и материалов весьма обширен.

Полупроводниковые соединения делят на несколько типов:

– Простые полупроводниковые материалы — химические элементы: бор (В), углерод (С), германий (Ge), кремний (Si), селен (Se), сера (S), сурьма (Sb), теллур (Te) и йод (I). В связи с развитием науки и техники наиболее широкое применение получили такие простые полупроводниковые материалы, как германий, кремний и селен. Остальные в большинстве случаев применяются в качестве легирующих добавок или в качестве компонентов сложных полупроводниковых материалов;

– В группу сложных полупроводниковых материалов входят химические соединения из двух, трёх и более химических элементов. Полупроводниковые материалы из двух элементов называют бинарными, и они имеют наименование того компонента, металлические свойства которого выражены слабее. Бинарные соединения, содержащие мышьяк, называют арсенидами, серу — сульфидами, теллур — теллуридами, углерод — карбидами.

Полупроводники различаются по характеру проводимости и по виду проводимости.

По характеру проводимости они подразделяются на:

– Полупроводники с собственной и проводимостью (Полупроводники, в которых свободные электроны появляются в процессе ионизации атомов, из которых построен весь кристалл);

– Полупроводники с примесной проводимостью (Для создания полупроводниковых механизмов используют кристаллы с примесной проводимостью);

По виду проводимости полупроводники делятся на:

– Электронные проводники (n-типа, этот вид полупроводников имеет примесную природу);

– Дырочные проводники (p-типа, этот вид полупроводников, кроме примесной основы, характеризуется дырочной природой проводимости). [1]

Самыми распространенными полупроводниками в производстве электронных компонентов являются кремний, германий и селен.

На протяжении длительного периода времени полупроводниковая промышленность была почти единственным потребителем высокочистого кремния: на начало текущего века доля его потребления составляла 60–80% мирового рынка поликремния. Большая часть кремния в мире применяется в лигатуре (почти 80%) при производстве гаммы специальных сталей (электротехнических, жаростойких) и различных сплавов (силумины и т.д.). Значительная часть кремния и его сплавов применяется в черной металлургии, как весьма эффективный раскислитель сталей.

В черной металлургии преимущественно применяются ферросплавы и прочие сплавы кремния. Они дешевле и технологичнее в применении, а содержание железа (а в ряде случаев и алюминия) при этом не столь критично. В состав электротехнических сталей, как правило, входит 3,8-4,2% кремния, поэтому только эти сталелитейные производства в мире потребляют в качестве лигатуры более 0,5 млн. тонн кремния в год. Другое значительное применение феррокремния (включая также силикомарганец и сложные композиции) - это эффективные и сравнительно недорогие раскислители сталей. [2]

Некоторое применение находит кремний (как карбид кремния и сложные композиции) в производстве абразивных и твердосплавных изделий и инструментов.

Объем производства поликремния в 2012 году представлен на рисунке 1.

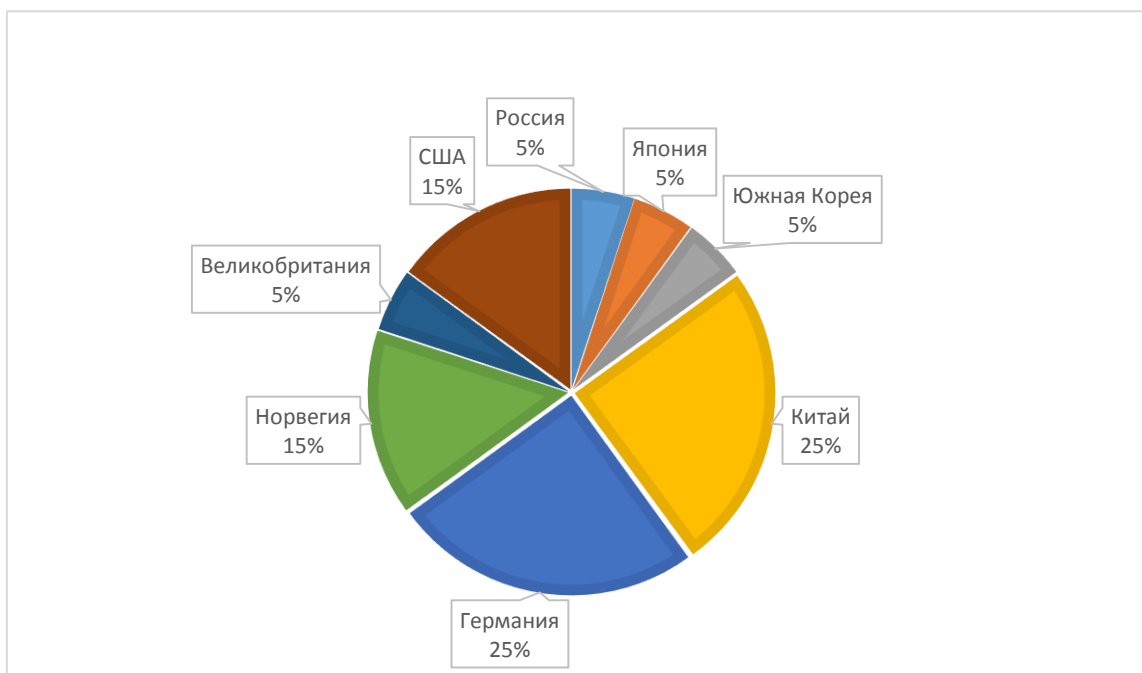


Рисунок 1- Объем производства поликремния в 2012 году

Вторым проводником, который характеризуется широкой сферой применения, является селен. Селен используется при производстве стекла, сплавов, пигментов, удобрений и фармацевтических препаратов. Также селен обладает уникальными фотоэлектрическими способностями.

Мировые запасы селена оцениваются на начало 2013 года в 97,5 млн.т. Наиболее крупными запасами селена располагает Чили, с долей в мировых запасах 26% и Россия с долей в мировых запасах 21%. Заметными владельцами запасов селена также являются Перу, США, Канада и другие. [3]

Запасы месторождения селена представлены на рисунке 2.

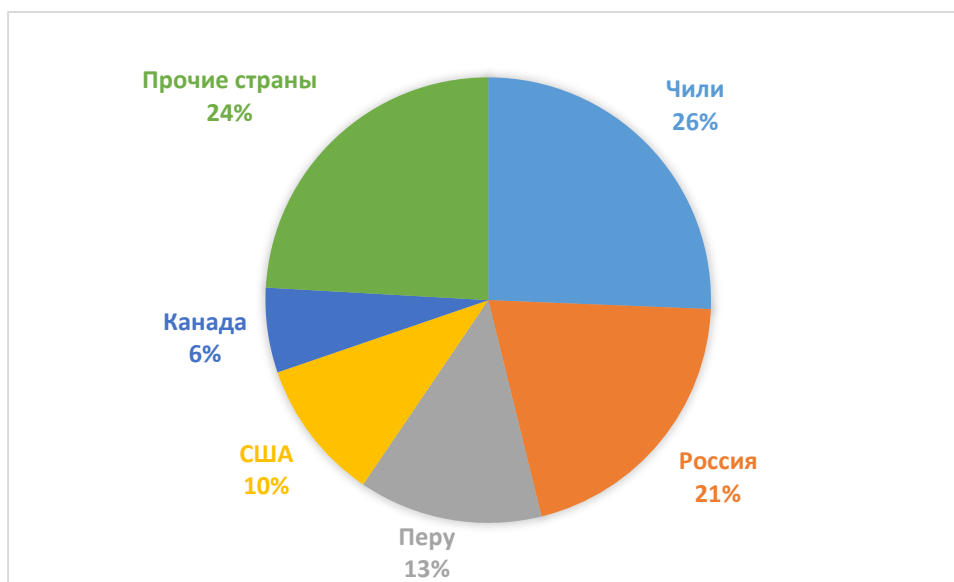


Рисунок 2-Запасы месторождения селена в 2013 году

В 2013 году крупнейшими странами-производителями селена стали Германия, с долей в мировой добыче 33%, Япония, с долей в мировой добыче 33%, и Бельгия с долей в мировой добыче 10%. Заметными странами по добыче селена являются Россия с долей 7%, Чили с долей 5%, Филиппины с

долей 4% и другие страны. Мировая добыча селена в 2012 году увеличилась на 1% до 2000 тонн.

Главным фактором, влияющим на увеличение использования селена является долгосрочное развитие стеклянной промышленности, производства удобрений, а также применение данного элемента в медицинской промышленности.

В связи с развитием науки и техники германий играет важную роль на мировом рынке полупроводников. Область применения металла достаточно обширна, его используют в качестве полупроводникового материала для изготовления транзисторов и микросхем, применяемых в технике и электронике. В радарных установках в качестве элементов сопротивления используют тонкие германиевые пленки, которые предварительно наносятся на стеклянную основу. Как элемент сплавов германий используют в производстве детекторов и радаров. Для изготовления специальных стекол, пропускающих инфракрасное излучение, применяют диоксид германия.

Германий является стратегически важным материалом, который используют для изготовления оптических приборов, пропускающих инфракрасный свет. Оптоволоконные системы, инфракрасная оптика и полупроводниковые диоды, изготовленные из германия, повсеместно используются в компьютерной технике, в приборах ночного видения, околоземных спутниках и системах наведения ракет.

Германий является сверхпроводящим материалом, который сохраняет свои характеристики в условиях работы при температуре жидкого азота.

Применяют металл и в ядерной физике, из него производят детекторы, улавливающие гамма-излучение. Для измерения сверхнизких температур, обнаружения инфракрасного излучения и обеспечения сверхпроводимости используют металл, имеющий высокую физическую и химическую чистоту. Обеспечивают физическую чистоту металла путем выращивания монокристаллов германия. Химическая чистота германия считается высокой, если количество примесей в металле не превышает одну десятимиллионную процента. Производство германия в мире с 2011-2015 гг. представлено на рисунке 3.

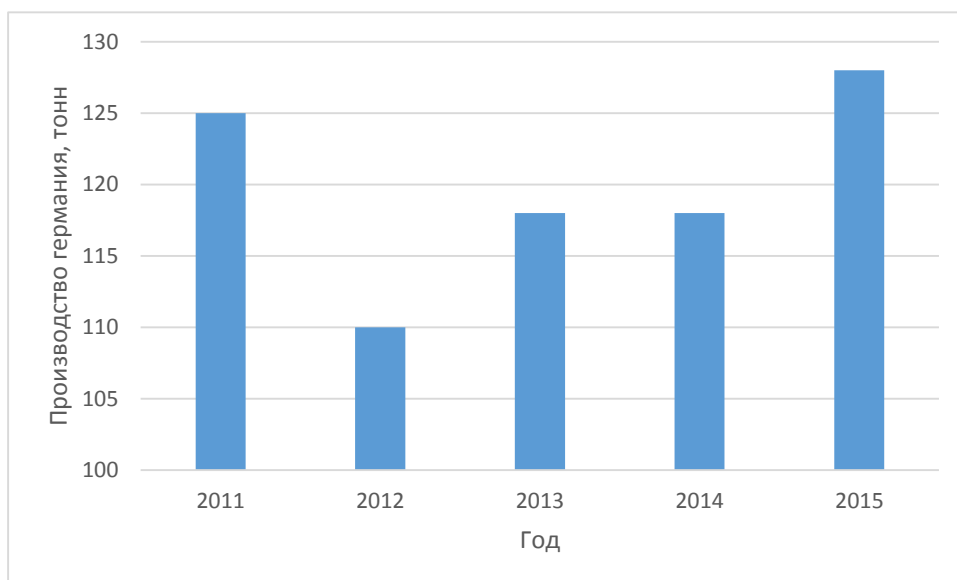


Рисунок 3-Производство германия в мире в период 2011-2015 гг

Полупроводниковые детекторы на основе особо чистого германия занимают ведущее положение в рентгеновской и гамма-спектроскопии. Это связано, прежде всего, с их высокой разрешающей способностью, обеспечивающей проведение высокоточных спектроскопических измерений.

Германий высокой чистоты - единственный элемент, подходящий для создания кристаллических датчиков точной идентификации радиационных источников, которые используются в системах безопасности аэропорта.

Таким образом, особые физические и химические свойства германия позволяют ему оставаться стратегически важным металлом в различных отраслях промышленности и науки. В результате быстрого развития крупных компаний в области информационных технологий использование заготовок из германия в производстве продукции становится необходимым для устойчивого и долговременного роста этих фирм.

## 1.2 Анализ рынка металлического германия и его соединений

### 1.2.1 Мировые производители германия

Соединенные Штаты представляют самый большой региональный рынок для германия во всем мире. Финансовый кризис значительно ослабил спрос на германий в США в течение 2008 и 2009 годов. Согласно оценкам, потребление германия в США засвидетельствовало умеренное восстановление в 2010 году и получило дальнейший импульс роста в 2011 и последующие годы. Оптоволоконные системы представляют основной сегмент конечного потребления германия в США.

Европа представляет второй по величине рынок для германия во всем мире. С точки зрения роста Азиатско-Тихоокеанский регион, как

прогнозируют, покажет самый быстрый рост до 2015 года. В мире в целом основной сегмент конечного потребления германия - оптоволоконные системы. Инфракрасные приборы и катализаторы полимеризации представляют собой другие основные сегменты конечного использования элемента. [4]

Производственные (максимальные) мощности по выпуску германия представлены на рисунке 4.

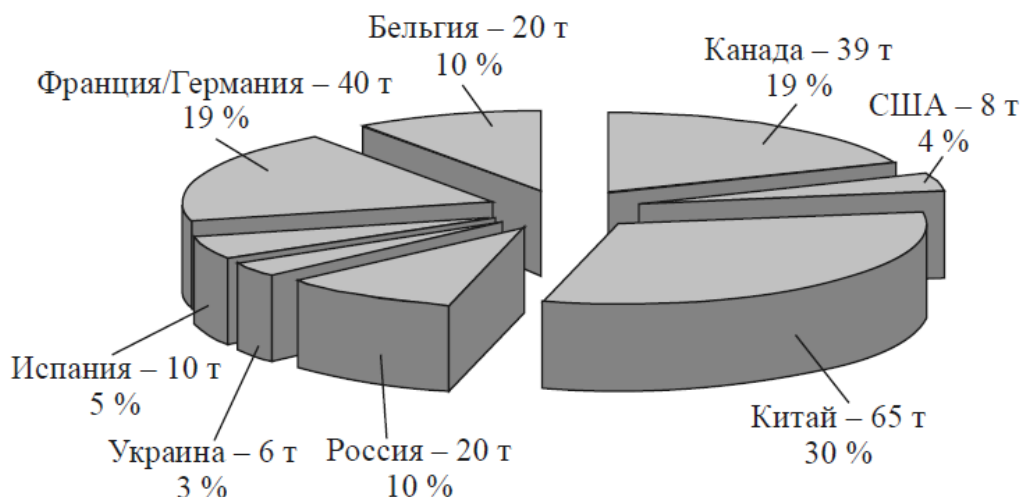


Рисунок 4- Производственные (максимальные) мощности по выпуску германия

Лидером на европейском рынке производства германия всех видов за последние годы стала фирма «Umicore S.A.», которая помимо собственных мощностей в Европе имеет предприятия в Канаде, США, Китае и др. В качестве сырья перерабатываются собственные и покупные концентраты, а также скрап всех видов. Производятся все виды германийсодержащей продукции – диоксид и тетрахлорид германия чистотой от 99,5 до 99,999 %, поликристаллические зонно-очищенные слитки и гранулы, монокристаллические слитки, окна, линзы для проходной ИК-оптики и подложки диаметром 50– 200 мм для электроники.

В Канаде и США одним из предприятий по производству германия является «Red Dog Inc» на Аляске – крупнейший цинковый рудник в мире, а также «Gordonsville» в Теннесси и «Pend-Orielle» в Вермонте.

Второй – фирма «Cabot Corp.», германиевое подразделение которой было приобретено в 2001 г. корпорацией «Indium Corp. of America» с образованием компании «Germanium Corp. of America». В целом мощности США и Канады на рынке Ge составляют 45–50 т/г, или ~23 % от мировых мощностей. Как стратегически важный материал, германий был включен в номенклатуру хранения в Национальном оборонном резерве США.

Лидирующее положение на рынке германия прочно занимает Китай, который является не только ведущим производителем, но и ведущим

потребителем. Китайское правительство поощряет производителей для интеграции операций и сосредоточения на производстве продукции с высокой добавленной стоимостью. В последние годы, китайская торговая политика и такие действия как, например, 5% на экспорт двуокиси германия были направлены на сокращение экспорта сырьевых продуктов и поощрение экспорта продукции глубокой переработки, такие как инфракрасные устройства. Китайское потребление германия в инфракрасной области значительно увеличилось, военные расходы выросли. Начиная с 2012 года, государственное бюро Китая закупает не менее 20 тонн металлического германия в год для создания национального резерва. Кроме того, китайские производители обладают значительными природными сырьевыми ресурсами.

В Китае существуют 6 производителей германия: «Yunan Chihong Zn & Ge Co.» (производительность – до 10 т/год), «Yunan Lincang Xinyuan Ge Industry Co.» (5–10 т/год), «Nanjing Germanium Plant» (до 30 т/год), «Shanghai Longtai Copper Industry» (до 10 т/год), «Shaoguan Huali Ent. Co» (до 10 т/год), «Xilingol Tongli Germanium» (до 10 т/год). 80–90 % произведенного в Китае германия всех видов идет на экспорт. Мощности Китая составляют > 65 т/год, или 30 % мировых мощностей.

В Германии и Франции фирма «PPM Pure Metals GmbH», подразделение «Metaleurop S.A.», производит  $\text{GeCl}_4$  для оптоволоконных применений, 7 видов  $\text{GeO}_2$  (аморфный, технический, электронный, BGO-grade и пр.) чистотой от 99,5 до 99,999 %, а также зонноочищенные слитки. Сырьем являются концентраты, получаемые с цинкового завода в Noyelles-Gaudalt во Франции. Общий объем производства всех видов Ge-продукции находится в пределах 40–45 т/год, включая 7 т/год слитков. Мощности Франции – Германии составляют 19–20 % от мировых.

Экономический спад на мировых рынках в течение 2008 и 2009 годов негативно сказался на расширении сфер конечного потребления германия и перспективах рынка. Однако, с восстановлением глобальной экономической ситуации в 2010 году и улучшающихся перспектив рынка конечных германиевых продуктов, рынок германия имел тенденцию к развитию и росту в 2012-2014 годах. Глобальный германиевый рынок чрезвычайно динамичный и изменчивый. Поставки германия прежде всего зависят от цинковой горной промышленности, в то время как спрос на минерал меняется в зависимости от изменений в отраслях промышленности его конечного потребления. Например, существенное увеличение потребления германия в оптоволоконных системах и продукции электроники, и солнечных батареях в течение 2013 и 2014 годов привело к значимому росту спроса на элемент в целом.

С развитием науки и технологии компаниям-производителям электроники, ИК-оптики, катализаторов требуются шайбы из германия разной конфигурации (различного диаметра), таким образом, предприятиям, выпускающим германий, в перспективе необходимо обеспечить текущий и прогнозируемый спрос на эти заготовки.

Конечное потребление германия в мире в 2012 году представлено на рисунке 5.



Рисунок 5-Конечное потребление германия в мире в 2012 году

Объем потребления за период 2011-2015 гг. представлен на рисунке 6.

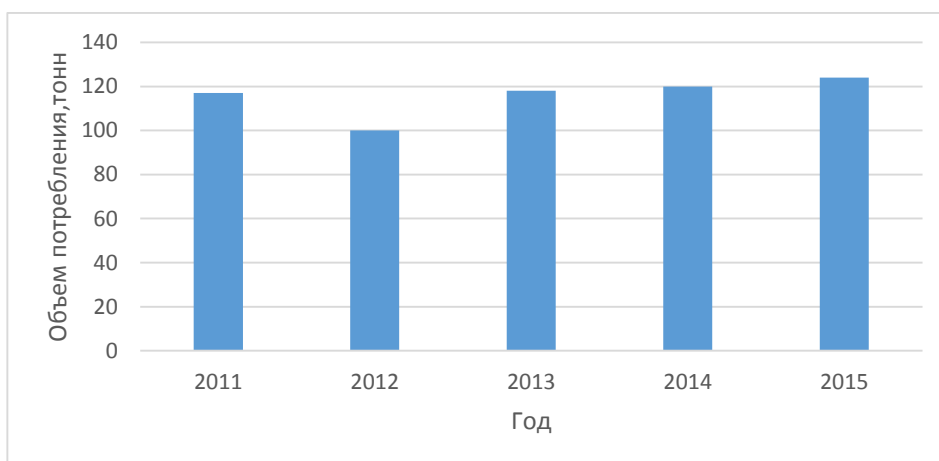


Рисунок 6- Объем потребления германия

На мировом рынке наблюдается тенденция увеличения цены на диоксид германия (ДГ) с 2011 года. В течение первых 6 месяцев 2011 года цены на ДГ на свободном рынке выросли на 14% до 604 долл./кг по сравнению с 420 долл./кг в конце года 2010 года. В течение этого же периода, цены на металлический германий на свободном рынке увеличились на 35% до 742 долл./кг по сравнению с 550 долл./кг.[5]

В 2015 году цены на диоксид германия и германий поликристаллический зонноочищенный по данным мировых информационных агентств, оставались на том же уровне, что и в прошлом году. Средняя стоимость по данным Asian Metal и Metal-Pages составила для ДГ- 650 долл./ кг. для ГПЗ 765- долл./ кг.



Факторы, которые способствовали повышению цен на диоксид германия, включали экспортный налог 2010 года на германиевый диоксид, произведенный в Китае и экспортируемый на мировые рынки, а также закрытие китайского завода по производству диоксида германия вследствие экологических проблем в начале 2011 года. Китайское правительство пыталось ограничить экспорт сырья и поощрить экспорт большего количества готовых изделий, таких как германиевые слитки и оптические линзы, посредством экспортного возврата налоговых платежей на эти продукты. Возросший внутренний спрос в Китае в 2015 году, колоссальным закупкам в государственный резерв. В ответ на рост цен на диоксид германия некоторые внутренние германиевые потребители сочли более экономичным купить германий в чистой металлической форме вместо оксида [6].

### **1.2.2 Российский рынок металлического германия**

В России минерально-сырьевая база для производства германия является нетрадиционной для мировой практики. Если в мире его добывают попутно при переработке свинцово-цинковых руд, то в России доля германия, производимого при переработке сульфидных руд, незначительна. Все промышленные запасы германия в РФ сосредоточены в каустобиолитах (углях).

После распада СССР производства германия из собственного сырья с 1994 по 2001 г. не существовало. С 2001 г. в России удалось частично восстановить собственные источники сырья. Сибирская угольная энергетическая компания и АО «Германий» до 2006 г. извлекали германийсодержащую золу на Корсаковской котельной (Сахалин), где сжигались угли Новиковского разреза. Это позволило обеспечить ОАО «Германий» сырьем для получения германия в объеме ~10÷12 т/год (при мощностях производства 30 т/год) [7].

Также на российском рынке представлена компания ООО «Германий и приложения».

Компания выстроена как вертикально интегрированная. Она контролирует добычу и обогащение исходного германийсодержащего сырья, и его последующую многостадийную переработку в квалифицированные химические продукты на основе германия, а также производит изделия из металлического германия для различных приложений.

Предприятие обладает собственным источником сырья, что обеспечивает конкурентное преимущества на мировом рынке. Производственная структура включает производственные объекты в Приморском крае (Павловское месторождение германийсодержащих углей), в г. Новомосковске (Московская область), где находятся участки производства соединений германия и изделий из него [8].

Павловское бурогольное месторождение — крупнейшее в мире по запасам германия. Его эксплуатация рассчитана на несколько десятилетий. В

среднем, эксплуатируемый разрез способен обеспечить производство до 21 тонны германия в год.

Производственные мощности производства германия в год АО «Германий» и ОАО «Германий и приложения» (Павловское месторождение) представлены на рисунке 7.

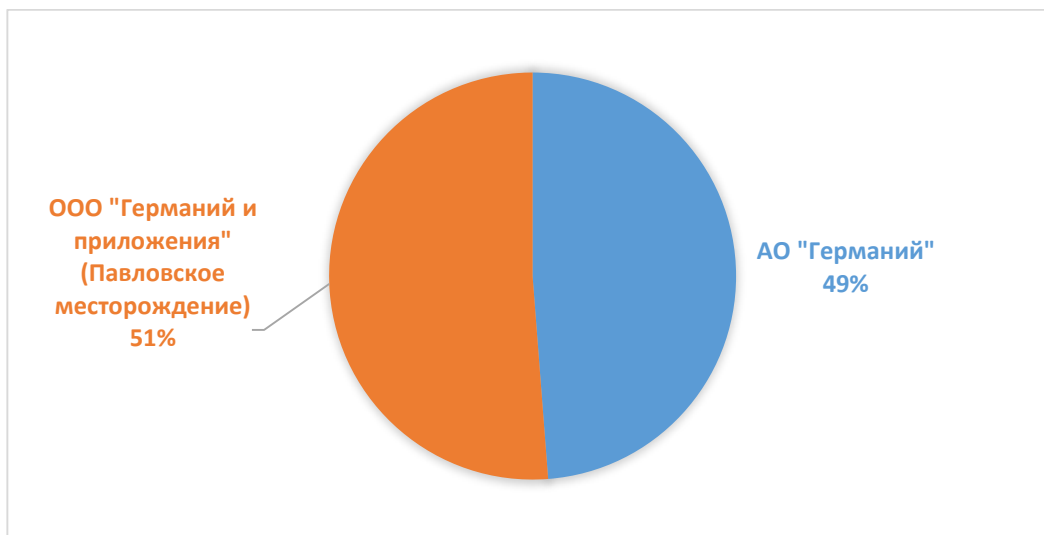


Рисунок 7- Производственные мощности производства германия в год АО «Германий» и ОАО «Германий и приложения» (Павловское месторождение)

Таким образом, на российском рынке представлены две компании по производству германия, удовлетворяющие внутренний спрос на металл.

### **1.3 Характеристика деятельности предприятия АО «Германий»**

#### **1.3.1 Общие сведения о предприятии**

Российское предприятие «Германий» основано в 1991 году на базе цеха №8 по производству металлического германия Красноярского завода цветных металлов, введенного в строй в 1961 году.

Производство разделено на три основных технологических участка: гидрометаллургический, металлургический и участок механической обработки.

С 1999 года предприятие имело статус федерального унитарного предприятия. На основании Федерального закона № 178-ФЗ «О приватизации государственного и муниципального имущества» Указа Президента Российской Федерации от 10.07.2008 г. №1052 «Вопросы Государственной корпорации по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростехнологии» преобразовано в Открытое акционерное общество «Германий», 100% акций

которого находятся в собственности государственной корпорации «Ростехнологии».

За эти годы предприятие прошло путь от поставщика продукции на внутренний рынок до экспортера всей номенклатуры выпускаемой продукции в США, Израиль, Японию, страны Европы и Азии. По объему реализуемой продукции предприятие занимает свою нишу в размере 10-12% от мирового рынка. В настоящее время «Германий» - единственное в России предприятие, имеющее полный цикл переработки германиевого сырья, широкую номенклатуру продукции и большие производственные мощности (до 30 тонн в год) [9].

Основными видами финансово-хозяйственной деятельности ОАО «Германий» являются:

- Производство полупроводниковых и других чистых материалов;
- Разработка, освоение и внедрение в производство новых видов продукции на основе германия.

Прочие виды финансово-хозяйственной деятельности включают в себя осуществление внешнеэкономической деятельности в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Производство работает на импортном сырье. Основным поставщиком является финская компания «OMG Kokko-la Chemicals Oy».

Основными видом продукции, выпускаемой на предприятии, является:

- Поликристаллический германий (ГПЗ);
- Монокристаллический германий (ГМО);
- Диоксид германия;
- Заготовки из кремния.

Также предприятие оказывает услуги переработки с последующей отгрузкой предприятию-поставщику сырья. Номенклатура продукции, полученная в результате переработки, включает в себя вышеперечисленную номенклатуру продукции и тетрахлорид германия (бесцветная прозрачная жидкость).

Внутренний рынок потребления металлического германия и его соединений, а также изделий из металлического германия небольшой, составляет 1,5 тонн металлического германия в год. Основная номенклатура внутреннего рынка диоксид германия и оптический германий.

### **1.3.2 Технология производства**

Технологический процесс производства включает шесть переделов, на пяти из которых получают готовую продукцию: тетрахлорид германия,

диоксид германия, зонноочищенный поликристаллический германий, монокристаллический очищенный германий, металлический порошок и гранулы германия, механически обработанные изделия из металлического германия. Схема переработки германийсодержащего сырья представлена на рисунке 8.

Применяемая технология позволяет перерабатывать разнообразные материалы: отходы производства, золу от сжигания углей, германиевые концентраты, вторичное сырье различного происхождения.

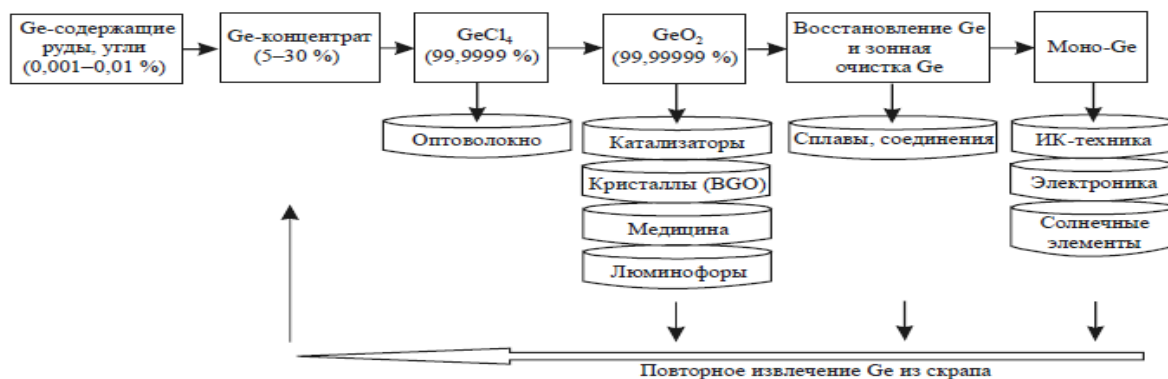


Рисунок 8 – Технология производства германия и сферы его потребления

Согласно технологической схеме, германийсодержащее сырье подвергается вскрытию растворами соляной и серной кислот: использование соляной кислоты определено необходимостью перевода германия в легколетучий тетрахлорид германия; серная кислота используется для корректировки нормальности сернокислой пульпы в реакторах разложения.

После прохождения холодильников для конденсации тетрахлорида германия, раствор хлорида германия поступает на трехступенчатую очистку от механических примесей, от примесей мышьяка и кремния:

- Дистилляция, где очистка от механических и органических примесей происходит из-под слоя концентрированной серной кислоты;
- Экстракция – на данной стадии происходит очистка от мышьяка, основанная на различиях в растворимости хлоридов мышьяка в соляной кислоте и тетрахлориде германия;
- Ректификация – при многократном повторении процессов возгонка – конденсация хлорида германия происходит очистка от легколетучих и высоколетучих примесей.

Далее на гидролиз поступает очищенный тетрахлорид германия, который при взаимодействии с ионноочищенной водой образует пульпу диоксида германия. На переделе гидролиза производят как полупроводниковый диоксид германия, который является сырьем для дальнейшего производства металлического германия, так и диоксид германия,

который является готовой продукцией (электронная, мелкодисперсная двуокись германия).

Полупроводниковый диоксид германия при взаимодействии с водородом на перделе восстановления образует металлический порошок германия, который сплавляется в монолитный слиток поликристаллического германия.

Для получения готовой продукции в виде поликристаллического зонноочищенного германия или промпродукта для процесса выращивания производят процесс зонной очистки металлического германия.

На перделе выращивания производят слитки монокристаллического германия, из которых после механической обработки на станках резки и шлифовки, получаются стекла, линзы, шайбы монокристаллического германия, являющиеся продукцией для отгрузки потребителям, в основном оптической и электронной промышленности [10].

На сегодняшний день на металлургическом участке №2 на АО «Германий» технологический процесс выращивания слитка германия состоит из трех стадий.

Технологический процесс выращивания германия заданного диаметра при эксплуатации установки Р-10 представлен на рисунке 9.

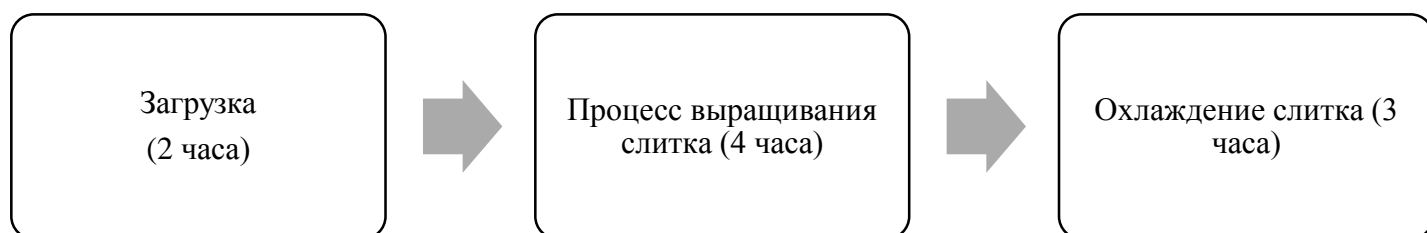


Рисунок 9- Технологический процесс выращивания слитка германия для установки Р-10

Однако существуют более производительное оборудование для выращивания монокристаллов германия, обеспечивающее больший выпуск продукции, а также производить монокристаллический германий с различными значениями диаметра кристалла, что обеспечивает текущий спрос на шайбы с разной конфигурацией.

В начале восьмидесятых годов в мире были разработаны новые методы очистки металлического германия, которые позволяют выращивать большие кристаллы особо чистого германия (ОЧГ), с концентрацией электрически е ё активных атомов примесей менее  $2 \cdot 10^{10}$  ат/см<sup>3</sup>. В зависимости от степени очистки, ОЧГ может обладать собственной проводимостью n- или р-типа.

Разработанная технология еще не получила своего применения в российской промышленности.

Единственным производителем особо чистого германия в мире является бельгийская фирма «Umicore S.A.»

Для производства детекторов гамма-излучения на основе особо чистого германия (ОЧГ) необходимо снижать разностную концентрацию носителей заряда (примесей) до уровня  $10^9 - 10^{10}$  ат/см<sup>3</sup>. Основной проблемой очистки поликристаллического германия до необходимого уровня по «классической» схеме, представленной на рисунке 8, является нестандартное поведение примесей алюминия и бора в процессе зонной плавки.

Решением проблемы получения монокристаллов германия с низким содержанием примесей является применение контейнеров с защитным покрытием в процессе зонной очистки и выращивания, а также применение в процессе зонной очистки и выращивания сверх очищенных газов.