

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности



Обзор рынка германия в мире и России

4 издание

Москва
ноябрь, 2019

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/38/616>

Общее количество страниц: 58 стр.

Стоимость отчета – 60 000 рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов Инфомайн, являются надежными, однако Инфомайн не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Инфомайн приложил все возможные усилия, чтобы проверить достоверность имеющихся сведений, показателей и информации, содержащихся в исследовании, однако клиенту следует учитывать наличие неустраняемых сложностей в процессе получения информации, зачастую касающейся непрозрачных и закрытых коммерческих операций на рынке. Исследование может содержать данные и информацию, которые основаны на различных предположениях, некоторые из которых могут быть неточными или неполными в силу наличия изменяющихся и неопределенных событий и факторов. Кроме того, в ряде случаев из-за погрешности при округлении, различий в определениях, терминах и их толкованиях, а также использования большого числа источников, данные могут показаться противоречивыми. Инфомайн предпринял все меры для того, чтобы не допустить очевидных несоответствий, но некоторые из них могут сохраняться.

Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. Инфомайн не проводит какую-либо последующую работу по обновлению, дополнению и изменению содержания исследования и проверке точности данных, содержащихся в нем. Инфомайн не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации.

Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Инфомайн либо тиражироваться любыми способами. Заказчик имеет право проводить аудит (экспертизу) исследований рынков, полученных от Исполнителя только в компаниях, имеющих членство ассоциации промышленных маркетологов ПРОММАР (<http://www.prommar.ru>) или силами экспертно-сертификационного совета ассоциации ПРОММАР. В других случаях отправка исследований на аудит или экспертизу третьим лицам считается нарушением авторских прав.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	6
Введение	8
1. Обзор мирового рынка германия	9
2. Минерально-сырьевая база германия в России.....	19
3. Производство германия в России.	21
3.1. Технология производства германия. Требования к качеству германиевой продукции	21
3.2. Динамика производства германия в России в 2007-2019 гг.....	28
3.3. Основные производители германия в России	30
АО «Германий» (Красноярский край)	30
ООО «Германий и приложения».....	32
4. Анализ внешнеторговых операций с германием в России	36
4.1. Экспорт германия в России в 2007-2019 гг.	38
4.2. Импорт германия в России в 2007-2019 гг.	42
5. Анализ экспортно-импортных цен на германий в России в 2011-2019 гг. 	46
6. Потребление германия в России. Основные потребители германиевой продукции.	50
7. Прогноз развития рынка германия в России в 2020-2025 гг.....	55
Приложение: Адреса и контактная информация производителей и потребителей германия	57

Список таблиц

- Таблица 1. Динамика мирового производства германия (в пересчете на металл) в 2007-2018 гг., т
- Таблица 2. Экспорт-импорт германия США в 2007-2017 гг., т
- Таблица 3. Основные месторождения германия в России
- Таблица 4. Требования к свойствам германия в зависимости от области применения
- Таблица 5. Показатели качества диоксида германия, % масс.
- Таблица 6. Объемы производства металлического германия в России в 2007-2019 гг. по предприятиям, т
- Таблица 7: Экспорт германиевой продукции в России в натуральном выражении в 2007-2019 гг., кг
- Таблица 8: Экспорт диоксида германия в России по странам в 2014-2019 гг., кг, тыс. \$
- Таблица 9: Российские экспортеры диоксида германия в 2014-2019 гг., т
- Таблица 10: Экспорт металлического германия в России по странам в 2014-2019 гг., кг, тыс. \$
- Таблица 11: Российские экспортеры металлического германия в 2014-2019 гг., т
- Таблица 12: Экспорт металлического германия по видам в 2018-2019 гг., т
- Таблица 13: Импорт германиевой продукции в Россию в натуральном выражении в 2007-2019 гг., кг
- Таблица 14: Импорт диоксида германия в Россию по странам в 2014-2018 гг., кг, тыс. \$
- Таблица 15: Импорт металлического германия в Россию по странам в 2014-2019 гг., кг, тыс. \$
- Таблица 16: Получатели импортного металлического германия в 2014-2019 гг., т
- Таблица 17: Основные поставщики германия металлического в РФ в 2018-2019 гг., кг
- Таблица 18: Импорт металлического германия по видам в 2018-2019 гг., т
- Таблица 19: Экспортные цены на металлический германий по видам и производителям в 2018-2019 гг., \$/т
- Таблица 20: Импортные цены на металлический германий по видам в 2018-2019 гг., \$/т
- Таблица 21. Баланс производства и потребления металлического германия в России в 2007-2019 гг., т
- Таблица 22. Объемы закупок германия крупнейшими российскими потребителями в 2018-2019 гг. по данным открытых торгов, т, тыс. руб.

Список рисунков

- Рисунок 1. Динамика импортных цен на германий в США в 2011-2018 гг. , \$/т
- Рисунок 2. Динамика китайских экспортных цен на германий в 2018-2019 гг. , \$/т, FOB Китай
- Рисунок 3. Структура потребления германия в мире, %
- Рисунок 4. Общая технологическая схема переработки германиевого сырья
- Рисунок 5. Динамика производства металлического германия в России в 2007-2019 гг., т
- Рисунок 6. Динамика производства диоксида германия и металлического германия АО «Германий» в 2010-2019 гг., т
- Рисунок 7. Динамика добычи и извлечения германия на участке «Спецугли» Павловского месторождения ООО «Германий и приложения» в 2013-2018 гг., т
- Рисунок 8. Динамика производства металлического германия ООО «Германий и приложения» в 2010-2019 гг., т
- Рисунок 9. Динамика экспорта-импорта диоксида германия в России в 2007-2019 гг., т
- Рисунок 10. Динамика экспорта-импорта металлического германия в России в 2011-2019 гг., т
- Рисунок 11. Динамика средних экспортно-импортных цен на диоксид германия в России в 2011-2019 гг., \$/т
- Рисунок 12. Динамика средних экспортно-импортных цен на металлический германия в России в 2011-2019 гг., \$/т

АННОТАЦИЯ

Настоящий отчет является четвертым изданием исследования рынка германия в России.

Цель исследования – анализ рынка германия в России.

Объектом исследования являются диоксид германия, германий металлический и изделия из него.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные Росстат, Федеральной таможенной службы РФ, открытых тендерных площадок, материалы Государственной Геологической службы США (USGS), ценового агентства Argus, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов производителей и потребителей германия.

Хронологические рамки исследования: 2007-2019 гг., прогноз – 2020-2025 гг.

География исследования: Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка, мир – общие сведения о динамике и характеристиках рынка.

Отчет состоит из 7 частей, содержит 58 страниц, в том числе 22 таблицы, 12 рисунков и приложение.

В **первой главе** отчета дана краткая характеристика мирового рынка германия (добыча, страны-производители, экспорт-импорт, потребление, цены).

Во **второй главе** отчета приведены сведения о минерально-сырьевой базе германия в России.

Третья глава посвящена производству германия в России. В главе описаны технология производства германия и требования, предъявляемые к качеству германиевой продукции, приводится динамика производства германия в России в 2007-2019 гг., а также описаны крупнейшие российские производители германия.

В **четвертой главе** отчета приводятся данные о внешнеторговых операциях с германием в РФ в 2007-2019 гг. Приведены статистические данные об объемах внешнеторговых операций с диоксидом германия и металлическим германием в натуральном и денежном выражении, региональная и товарная структура экспорта и импорта германиевой продукции, данные об объемах поставок основными экспортерами и импортерами.

Пятая глава посвящена анализу экспортно-импортных цен на германий.

В **шестой главе** отчета, посвященной потреблению германия, приведена динамика потребления данной продукции в России. Также в данном разделе описаны основные отрасли потребления германия в РФ и перечислены крупнейшие потребители продукции по данным открытых тендерных площадок.

В **седьмой главе** отчета приводится прогноз развития российского рынка германия до 2025 г.

В **приложении** приведена контактная информация производителей и потребителей германия в России.

Целевая аудитория исследования:

- участники рынка германия – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке германиевой продукции.

Введение

Германий – серовато-белый, твердый, хрупкий металл, обладающий полупроводниковыми свойствами. Температура его плавления 958,5°C, кипения – 2690°C, плотность 5326 кг/м³.

Германий относится к рассеянным элементам. Распространенность германия в земной коре $(1-2) \cdot 10^{-4}\%$. В качестве примеси встречается в минералах кремния, в меньшей степени в минералах железа и цинка. Собственные минералы германия очень редки: сульфосоли – аргиродит, германит, реньерит; двойной гидратированный оксид германия и железа – штоттит; сульфаты – итотит, флейшерит и некоторые др. Промышленного значения они практически не имеют.

В повышенных количествах (0,001-0,1%) встречается в сфалерите, магнетите, каменных и бурых углях. Источниками промышленного производства германия являются полиметаллические руды, ископаемые угли и некоторые типы вулканогенно-осадочных месторождений железных руд.

Основными видами германиевой продукции являются:

тетрахлорид (GeCl_4) – для использования в оптических волокнах различных средств связи;

диоксид (GeO_2) – для изготовления катализаторов (преимущественно в производстве полиэтилентерефталата), люминофоров, германий-органических соединений, инфракрасных стекол, сплавов с висмутом, кремнием др.;

металлический германий – для применения в ИК-оптике, электронике, для производства различных детекторов и солнечных элементов.

3. Производство германия в России.

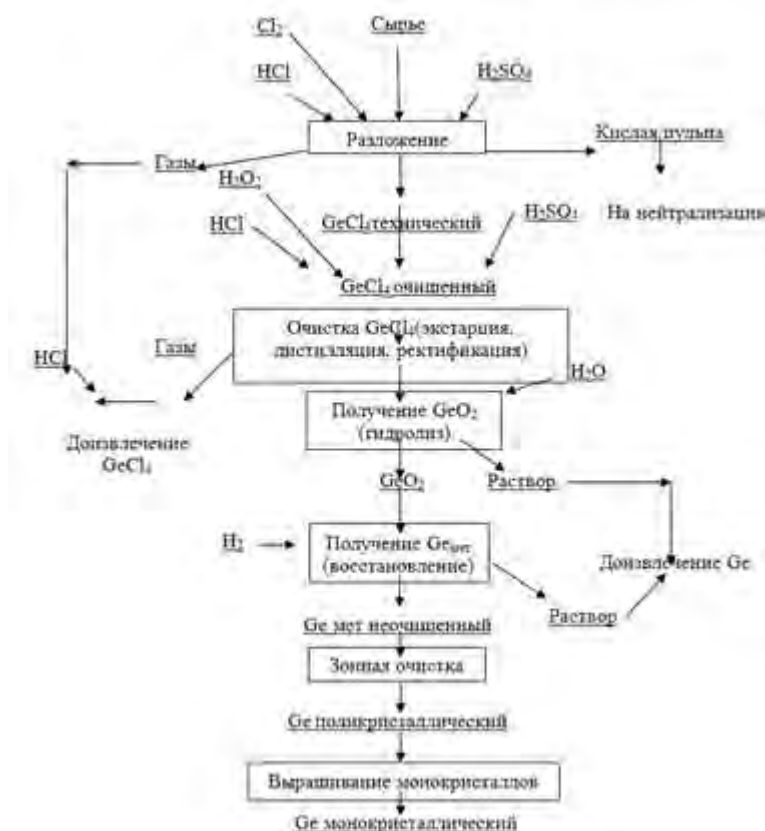
3.1. Технология производства германия. Требования к качеству германиевой продукции

Технология производства германия

Технология переработки германиевого сырья включает шесть основных стадий (рис. 4):

- 1) получение технического тетрахлорида германия из германиевых концентратов в реакторе разложения;
- 2) очистку технического тетрахлорида германия посредством экстракции, дистилляции, ректификации;
- 3) получение диоксида германия из очищенного тетрахлорида германия с помощью гидролиза;
- 4) восстановительный обжиг диоксида германия с получением неочищенного металла;
- 5) получение поликристаллического германия с помощью зонной плавки;
- 6) выращивание монокристаллов германия.

Рисунок 4. Общая технологическая схема переработки германиевого сырья



Источник: обзор научно-технической литературы

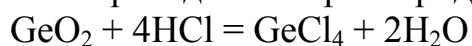
Первой стадией в технологической цепочке получения германия является процесс солянокислого разложения германийсодержащего сырья, с последующей очисткой полученного тетрахлорида германия.

Особенность разложения определяется составом сырья и количеством содержащегося в нем диоксида германия.

Технология хлорирования различного вида сырья неодинакова, в результате чего представляется возможным разделить сырье на 3 группы:

- продукты, содержащие германий в окисленном виде (концентраты и кеки);
- отходы, содержащие германий в виде мелкодисперсного металлического порошка (шлифпорошки);
- кусковые отходы металлического германия.

Извлечение германия из концентратов и кеков основано на обработке их соляной кислотой, при этом пульпу медленно нагревают до 105-110 °С, германий переходит в тетрахлорид по реакции:



Простое механическое извлечение германия из отработанных шлифпорошков методами обогащения чрезвычайно затруднено, особенно для мелких его фракций. Поэтому для переработки шлифпорошков наиболее целесообразно применять гидрометаллургические способы.

Технологический процесс переработки кусковых отходов основан на реакции, протекающей с металлом до образования парообразного хлорида германия:



Все примеси, встречающиеся в техническом тетрахлориде германия можно разделить на несколько групп:

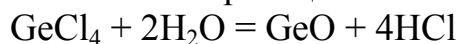
- хлориды различных элементов, образующихся наряду с тетрахлоридом германия при вскрытии сырья;
- растворенные газы, хлористый водород;
- механические взвеси;
- органические соединения, применяемые или образующиеся на отдельных стадиях переработки и очистке германиевого сырья.

Наиболее широкое значение в практике получения германия имеют такие методы очистки как дистилляция, экстракция, ректификация.

Дистилляция используется как предварительная очистка тетрахлорида германия от примесей, в том числе механических и органических. Экстракция тетрахлорида германия соляной кислотой - очистка тетрахлорида германия от примесей, главным образом, от мышьяка, после его предварительного

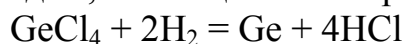
окисления до пятивалентного состояния. Ректификация тетрахлорида германия - окончательная его очистка от мышьяка и других примесей.

Процесс получения **диоксида германия** осуществляется в установке непрерывного действия, состоящей из двух последовательно расположенных бачков-гидролизеров с мешалками и двух вакуумных фильтров. Гидролизеры охлаждаются пожарохозяйственной водой. Получение двуокиси германия осуществляется по реакции:



Известны способы прямого восстановления тетрахлорида германия до металла, минуя промежуточную операцию получения двуокиси германия, например, восстановление тетрахлорида германия особо чистым цинком. Однако глубокая последующая очистка германия от следов цинка – задача очень трудная.

Существует также способ восстановления тетрахлорида германия водородом, совмещенный с кристаллизацией металла на разогретой подложке.



Реакция обратима и протекает вправо лишь при очень большом избытке водорода и низкой концентрации HCl в газовой фазе. Достигнуть высокого извлечения в компактный металл не удастся. Поэтому способ водородного восстановления тетрахлорида германия имеет ограниченное применение лишь для получения эпитаксиальных пленок.

Процесс получения **металлического германия** подразделяется на три основные операции:

- восстановление диоксида германия с получением металлического порошка;
- расплавление полученного порошка германия до жидкого металла;
- направленная кристаллизация металла с получением компактного поликристаллического королька германия.

Получение поликристаллического германия происходит путем водородного восстановления диоксида германия.

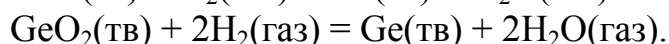
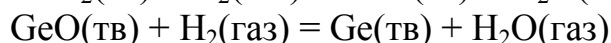
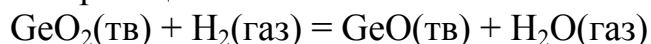
Процесс получения королькового металла осуществляется в графитовых лодочках в токе водорода, в трубчатых печах полунепрерывного действия с двумя последовательными температурными зонами:

- зона восстановления 680-710 °С;
- зона плавления 1050-1100 °С.

Давление водорода в линии должно быть не менее 0,3 атм. Водород подается навстречу движения лодочек – избыток водорода сжигается на выходе

из печи в атмосфере воздуха. Единовременная загрузка диоксида германия в лодочку составляет 1500-2000 грамм. Скорость движения лодочек с диоксидом поддерживается около 22,5 мм/мин. Время нахождения лодочек в печи 25-26 часов. Загрузка и разгрузка печей производится периодически с интервалом в 4 часа.

В результате взаимодействия в зоне восстановления диоксида германия с газообразным водородом получение металлического германия идет в две стадии по реакциям:



Восстановленный германий расплавляется, подвергается направленной кристаллизации, охлаждается и выгружается из печи.

Конечным продуктом процесса является слиток поликристаллического германия («королек»). Качество королькового металла определяется удельным сопротивлением и его распределением по длине слитка.

Полученный поликристаллический германий является исходным сырьем для производства *зонноочищенного поликристаллического германия*.

Для глубокой очистки поликристаллического германия применяется зонная плавка – метод горизонтальной направленной кристаллизации, осуществляемый тигельным способом.

Данный метод основан на различной растворимости примесей в твердой и жидкой фазах. При перемещении слитка через нагреватель расплавленная зона перемещается по слитку, и растворенные примеси, переходя через границу раздела твердой и жидкой фаз, накапливаются в расплаве и переносятся к концу слитка. Процесс проводится в атмосфере проточного водорода на многотрубных печах с индукционным нагревом и заключается в многократном перемещении узких участков расплавленной зоны вдоль слитка.

Конечным продуктом процесса является германий поликристаллический зонноочищенный с формой поперечного сечения в виде сегмента или трапеции, который является исходным сырьем для выращивания монокристаллов, либо готовым продуктом для производства сплавов, напылений и эпитаксии.

На технологическом этапе выращивания происходит процесс получения моно- и поли- кристаллического германия с определенными электрофизическими и оптическими параметрами, а так же германия в гранулах.

Выращивание кристаллов германия осуществляется с использованием метода Чохральского и метода горизонтальной направленной кристаллизации

Для получения кристаллов германия с заданными электрофизическими и оптическими параметрами исходный материал (германий поликристаллический зонноочищенный) компонуется с добавлением легирующей примеси, очищается от загрязнений и окисной пленки посредством химического травления и загружается в печь. Процесс выращивания ведется из расплава германия в атмосфере аргона на монокристаллическую затравку.

Применяемые технологии позволяют получать германий не только для оптических применений, но и монокристаллический германий специального назначения: легированный галлием, для полупроводниковых детекторов, светоизлучающих диодов, для электроники и солнечной энергетики.

Требования к качеству германиевой продукции

Основными видами германиевой продукции являются:

- германий поликристаллический зонноочищенный;
- заготовки из германия для оптических применений различных форм;
- монокристаллический германий для иных применений;
- металлический германий в виде гранул и порошка;
- диоксид германия различных марок.

Поликристаллический германий выпускают в виде слитков длиной не менее 280 мм, имеющих сечение в форме сегмента или трапеции. Поверхность слитков должна быть блестящей и не должна иметь цветов побежалости, трещин и посторонних включений. В германии высшей марки, кроме того, контролируют концентрацию носителей заряда и их подвижность при 77 К. Эти параметры измеряют на контрольном монокристалле, выращенном методом Чохральского из графитового или кварцевого, покрытого пироуглеродом тигля. Для предотвращения загрязнения выращиваемого контрольного монокристалла процесс проводят в установке, имеющей кварцевую камеру с наружным высокочастотным индуктором, или в обычной установке, тепловой узел которой имеет кварцевую экранировку, а графитовый нагреватель защищен кварцевым чехлом.

Из очищенного поликристаллического германия выращивают, как правило, способом Чохральского, монокристаллы, кристаллографическая

ориентация которых определяется ориентацией затравки вращающейся и вытягиваемой из так же вращающегося расплава.

Свойства *монокристаллического германия* регламентирует ГОСТ 16153-80. Данный стандарт распространяется на монокристаллический слиток германия, применяемый для производства полупроводниковых приборов и устанавливает требования к монокристаллическому германию, изготовляемому для нужд народного хозяйства.

Монокристаллический слиток германия изготовляют в соответствии с требованиями данного стандарта электронного типа электропроводности, легированные сурьмой, и дырочного типа электропроводности, легированные галлием. Регламентируется тип проводимости, удельное электрическое сопротивление, плотность дислокации, ориентация и подвижность носителей заряда.

Монокристаллические слитки германия, легированные галлием, кристаллографической ориентацией (100) изготовляются с диаметром не менее 20 мм, номинальным значением удельного электрического сопротивления 0,4 и 0,45 Ом·см, с допускаемым относительным отклонением значений удельного электрического сопротивления $\pm 10\%$, плотностью дислокаций не более 10 см, плотностью дефектов недислокационного происхождения не более 10 см, длиной монокристаллического слитка 50-120 мм.

Германиевые заготовки – изготовленные из поли- или монокристаллического германия пластины, призмы, цилиндры, тела вращения с генерированной поверхностью, которые, после дополнительной обработки, могут быть использованы как оптические или электронные компоненты различных устройств. Заготовки могут иметь особенности: определённые фаски, линейный или нелинейный контур, отверстия и т.п.

В зависимости от назначения, для производства заготовок выбирается германий, имеющий P- или N- тип проводимости, определённым образом легированный и обладающий соответствующим удельным электрическим сопротивлением. Монокристаллический германий имеет определённую ориентацию. Пропускание в диапазоне длин волн 3–10 мкм не менее 46% (для отполированного образца 10 мм толщины).

Дополнительная обработка, как правило, заключается в шлифовке и полировке поверхностей заготовки, а также в нанесении на эти поверхности специальных покрытий.

Таблица 4. Требования к свойствам германия в зависимости от области применения

Область применения	Тип проводимости	Легирующий элемент	Удельное электрическое сопротивление, Ом/см	Ориентация (моно)
ИК-оптика	N	Sb	5-40; 5-20; 8-16; 2-5	[111]
Подложки для солнечных батарей	N, P	Sb, P, Ga	0,01-0,05	[100+6° → 111]
Подложки для матричных фотоприемников	N	Sb, нет	5-40	[111]; [211]
Разные применения в электронике	P, N	Ga, Au, Sb, P	0,01-45	[111]; [110]

Источник: данные ООО «Германий и приложения»

Германиевые изделия – это оптические окна, линзы, подложки и т.д.

- Окна и призмы из германия. Окна используются для защиты и изоляции системы от внешнего воздействия. Германиевые окна обеспечивают проникновение в систему только излучения ИК-диапазона.

- Пластины и подложки. Германиевые пластины – основа для производства различных подложек для разнообразных применений в солнечных батареях и в электронике. Толщина изготавливаемых пластин находится, обычно, в интервале 0,15-2 мм.

- Линзы, купола и гипер- полусферы. Германиевые линзы – сферические и асферические – используются в различных оптических системах, работающих в ИК-диапазоне.

Диоксид германия в зависимости от назначения производится трёх основных марок: технической (Т), базовой (Б) и специальной (С).

Таблица 5. Показатели качества диоксида германия, % масс.

Показатель качества	Марка диоксида германия		
	ДГ-Т	ДГ-Б	ДГ-С
Массовая доля основного вещества (в пересчете на GeO ₂), не менее	95,0	-	-
Содержание влаги (при 105 °С)	не более 0,5	не более 0,5	0-0,5
Потери при прокаливании (при 820 °С предварительно высушенной массы)	не более 3,5	не более 3,0	0,5-3,0
Содержание хлора	не более 0,5	не более 0,1	0,01-0,1
Содержание примесей*, не более	-	0,0001	0,0001

* примеси: алюминий, галлий, магний, железо, мышьяк, марганец, никель, кобальт

Источник: данные ООО «Германий и приложения»

3.2. Динамика производства германия в России в 2007-2019 гг.

Доля России в мировом производстве германия и его соединений достаточно высока и составляет около 10%.

Выпуск германиевой продукции осуществляют ХХ предприятий: АО «ХХ», АО «ХХ» и ООО «ХХ».

В России источником получения германия служат германиеносные бурые угли. В настоящее время германий извлекается только из бурых углей ХХ месторождения в Приморском крае. Лицензией на разработку ХХ месторождения с 2005 г. обладает ООО «ХХ» (г. ХХ).

Извлеченный из зольных уносов концентрат германия перерабатывается в тетрахлорид Ge, и, далее, диоксид германия. Источником получения диоксида германия в РФ также является металл, поступивший во вторичную переработку. Произведенная двуокись германия частично экспортируется, оставшаяся часть используется для производства металлического германия.

Также для производства металлического германия (монокристаллического Ge и изделий из него) предприятия осуществляют импорт диоксида германия и необработанного металлического германия.

В настоящее время, по оценке «Инфомайн», производство металлического германия в РФ находится на уровне ХХ т (рис. 5).

Рисунок 5. Динамика производства металлического германия в России в 2007-2019 гг., т

* – 2019 г. – предварительная оценка

Источник: оценка «Инфомайн» на основе данных Росстат, Государственного баланса запасов полезных ископаемых, таможенной статистики РФ

В 2007-2013 гг. производство германия в РФ росло и достигло в 2013 г. ХХ т. В последующие годы рост выпуска металла сменился его снижением, что объясняется падением спроса на германий на мировом рынке.