

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



# Обзор рынка пропантов (проппантов) в России и мире

10 издание

Москва  
май, 2024

## Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/28/277>

Общее количество страниц: 163 стр.

Стоимость отчета различных комплектаций поставки:

- 1. Базовая** - файл формата PDF - 84 тыс.рублей
- 2. Расширенная** - файлы формата PDF + Word - 90 тыс.рублей
- 3. Пользовательская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel - 96 тыс.рублей
- 4. Представительская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании - 101 тыс.рублей
- 5. Максимальная** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании + презентация, изготовленная на основании данных отчета в .ppt - 121 тыс.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

<b>Аннотация.....</b>	<b>10</b>
<b>Введение .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Краткая характеристика мирового рынка.....</b>	<b>13</b>
1.1. Виды пропантов .....	13
1.2. Мировое производство пропантов .....	17
1.3. Основные производители пропантов.....	25
<b>2. Виды пропантов, требования к качеству и сырье для производства пропантов .....</b>	<b>29</b>
<b>3. Производство пропантов в России в 2000-2023 гг. ....</b>	<b>33</b>
3.1. Динамика производства пропантов в России в 2000-2023 гг.....	33
3.2. Современное состояние производителей пропантов .....	40
АО «Боровичский комбинат огнеупоров» (Новгородская обл.) .....	40
ООО «Форэс» (Свердловская обл.).....	51
ООО «Веллпро» (ранее ООО «Карбо Керамикс (Евразия)») (Челябинская обл.) .....	63
ПАО «Уралхимпласт» (Свердловская обл.).....	71
ООО «Ника-Петротэк» (НИКА PetroTech), (г. Семилуки, Воронежская обл.).....	74
3.3. Предприятия, прекратившие выпуск продукции .....	80
ООО «Трехгорный керамический завод» (Челябинская обл.) .....	80
ООО «Красноярский завод пропантов» (Красноярский край).....	85
ЗАО «Южноуральский завод строительной керамики» (Челябинская обл.).....	87
ООО «Резион» (Ленинградская обл.) .....	88
ОАО «Юргинские абразивы» (Кемеровская обл.) .....	88
<b>4. Внешнеторговые операции с пропантами в 2000-2023 гг. ....</b>	<b>89</b>
4.1. Экспорт пропантов .....	91
4.2. Импорт пропантов .....	97
<b>5. Ценовой анализ.....</b>	<b>103</b>
5.1. Цены российских производителей.....	103
5.2. Экспортно-импортные цены в 2003-2023 гг. ....	105
<b>6. Потребление пропантов в России в 2000-2023 гг. ....</b>	<b>108</b>
6.1. Баланс производства-потребления пропантов в России в 2000-2023 гг.....	108
6.2. Основные российские потребители пропантов .....	111
ПАО «НК «Роснефть».....	129
ПАО «Сургутнефтегаз».....	135
ПАО «ЛУКОЙЛ».....	139

ПАО «Газпром нефть» .....	144
Сервисные компании.....	149
<b>7. Прогноз развития рынка пропантов в России до 2030 г. ....</b>	<b>156</b>
<b>Приложение 1: Адреса и телефоны производителей пропантов .....</b>	<b>165</b>
<b>Приложение 2: Контактная информация крупнейших потребителей     пропантов .....</b>	<b>166</b>

**Список таблиц**

- Таблица 1. Технические характеристики пропантов различных видов
- Таблица 2. Изменение в дизайне ГРП, средней продуктивности и экономической эффективности эксплуатации скважин в 2012-2017 гг.
- Таблица 3. Мощности крупнейших производителей керамических пропантов в США по состоянию на 2017 г.
- Таблица 4. Объем производства пропантов Carbo Ceramics Inc. в 2011-2017 гг., тыс. т
- Таблица 5. Среднегодовые цены на различные виды пропантов производства Carbo Ceramics Inc. в 2014-2016 гг., \$/фунт
- Таблица 6. Финансовые показатели деятельности Carbo Ceramics Inc. в 2012-2018 гг, млн \$
- Таблица 7. Нормируемые показатели качества алюмосиликатных пропантов
- Таблица 8. Физико-химические показатели магнийсиликатных пропантов
- Таблица 9. Физико-химические показатели полимерно-покрытых пропантов
- Таблица 10. Производство пропантов в России по предприятиям в 2000-2023 гг., тыс. т
- Таблица 11. Физико-химические показатели пропантов Vorprop производства АО «Боровичский комбинат огнеупоров»
- Таблица 12. Физико-химические показатели сверхпрочных пропантов Vorprop SSP производства АО «Боровичский комбинат огнеупоров»
- Таблица 13. Физико-химические показатели легких пропантов Vorprop Light производства АО «Боровичский комбинат огнеупоров»
- Таблица 14. Физико-химические показатели сверхпрочных пропантов Vorprop RCP производства АО «Боровичский комбинат огнеупоров»
- Таблица 15. Объемы и направления поставок пропантов производства АО «Боровичский комбинат огнеупоров» в 2009-2023 гг., тыс. т
- Таблица 16. Экспорт пропантов АО «Боровичский комбинат огнеупоров» в 2005-2023 гг., тыс. т
- Таблица 17. Финансовые показатели АО «Боровичский комбинат огнеупоров» в 2008-2023 гг., млн руб.
- Таблица 18. Физические характеристики пропантов ForeProp производства ООО «Форэс»
- Таблица 19. Структурные подразделения ООО «Форэс» по производству пропантов
- Таблица 20. Объемы и направления поставок пропантов производства ООО «Форэс» в 2007-2023 гг., тыс. т
- Таблица 21. Экспорт пропантов ООО «Форэс» в 2007-2023 гг., тыс. т
- Таблица 22. Финансовые показатели ООО «Форэс» в 2008-2023 гг., млн руб.
- Таблица 23. Финансовые показатели ООО «Технокерамика» в 2009-2023 гг., млн руб.
- Таблица 24. Финансовые показатели ООО «Богдановичский керамзит» в 2011-2023 гг., млн руб.

- Таблица 25. Физико-химические показатели алюмосиликатных пропантов CarboEconoProp производства ООО «Веллпроп»
- Таблица 26. Физико-химические показатели алюмосиликатных пропантов CarboLite производства ООО «Веллпроп»
- Таблица 27. Физико-химические показатели алюмосиликатных пропантов CarboProp производства ООО «Веллпроп»
- Таблица 28. Физико-химические показатели алюмосиликатных пропантов CarboHSP производства ООО «Веллпроп»
- Таблица 29. Объем поставок сырья в ООО «Веллпроп» в 2015-2023 гг., тыс. т
- Таблица 30. Объемы и направления поставок пропантов производства ООО «Веллпроп» в 2008-2023 гг., тыс. т
- Таблица 31. Экспорт пропантов ООО «Веллпроп» в 2008-2023 гг., тыс. т
- Таблица 32. Финансовые показатели ООО «Веллпроп» в 2011-2023 гг., млн руб.
- Таблица 33. Объем производства пропантов ПАО «Уралхимпласт» в 2008-2023 гг., т
- Таблица 34. Объемы и направления поставок пропантов производства ПАО «Уралхимпласт» в 2020-2023 гг., тыс. т
- Таблица 35. Технические характеристики пропантов производства ООО «Ника-Петротэк»
- Таблица 36. Объемы и направления поставок пропантов производства ООО «Ника-Петротэк» в 2015-2023 гг., тыс. т
- Таблица 37. Объемы и направления поставок пропантов производства ООО «Оренбургский пропант» в 2019-2023 гг., тыс. т
- Таблица 38. Финансовые показатели деятельности ООО «Ника-Петротэк» в 2015-2023 гг., млн руб
- Таблица 39. Финансовые показатели деятельности ООО «Оренбургский пропант» в 2018-2023 гг., млн руб
- Таблица 40. Физико-химические показатели пропантов Урал-проп Стандарт производства ООО «Трехгорный керамический завод»
- Таблица 41. Объемы и направления поставок пропантов производства ООО «Трехгорный керамический завод» в 2006-2020 гг., тыс. т
- Таблица 42. Экспорт пропантов ООО «Трехгорный керамический завод» в 2006-2020 гг., тыс. т
- Таблица 43. Финансовые показатели ООО «Трехгорный керамический завод» в 2010-2021 гг., млн руб.
- Таблица 44. Технические характеристики пропантов «ROSPROP» производства ООО «Красноярский завод пропантов»
- Таблица 45. Объемы и направления поставок пропантов производства ООО «Красноярский завод пропантов» в 2015-2020 гг., тыс. т
- Таблица 46. Финансовые показатели деятельности ООО «Красноярский завод пропантов» в 2015-2020 гг., млн руб
- Таблица 47. Объемы и направления экспорта пропантов в 2007-2023 гг., тыс. т
- Таблица 48. Объемы экспорта пропантов российскими производителями в 2007-2023 гг., тыс. т

- Таблица 49. Объем российского импорта пропантов в региональном разрезе в 2000-2023 гг., тыс. т
- Таблица 50. Поставщики пропантов в Россию в 2005-2023 гг., тыс. т
- Таблица 51. Основные российские импортеры пропантов зарубежного производства в 2006-2023 гг., тыс. т
- Таблица 52. Внутренние российские цены на пропанты в 2014 г. и в 2016 г., тыс. руб./т, с НДС
- Таблица 53. Среднегодовые экспортные цены российских производителей пропантов в 2018-2023 гг., \$/т
- Таблица 54. Среднегодовые импортные цены России на пропанты в региональном разрезе в 2011-2020 гг., \$/т
- Таблица 55. Баланс производства-потребления пропантов в России в 2000-2023 гг., тыс. т
- Таблица 56. Крупнейшие российские получатели пропантов в 2010-2023 гг., тыс. т
- Таблица 57. Поставки пропантов в ПАО «Сургутнефтегаз» в 2009-2023 гг., тыс. т
- Таблица 58. Поставки пропантов в ПАО «ЛУКОЙЛ» в 2010-2023 гг., тыс. т
- Таблица 59. Поставки пропантов в ПАО «Газпром нефть» в 2010-2023 гг., тыс. т
- Таблица 60. Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Пакер Сервис» в 2014-2022 гг., млн руб
- Таблица 61. Основные показатели производственной деятельности «Петро Велт Технолоджис АГ» в 2013-2018 гг.
- Таблица 62. Структура выручки «Петро Велт Технолоджис АГ» в разрезе основных заказчиков в 2014-2021 гг., %



## Список рисунков

- Рисунок 1. Динамика количества операций ГРП на нефтяных скважинах США в 1949-2014 гг., ед.
- Рисунок 2. Динамика цены на нефть марки Brent в 2013-2024 гг., \$/барр
- Рисунок 3. Число буровых установок в США в 2007-2024 гг., ед.
- Рисунок 4. Емкость мирового рынка пропантов в 2011-2017 гг., млн т
- Рисунок 5. Структура рынка пропантов США по видам в 2012 г. и 2017 г., %
- Рисунок 6. Динамика и структура производства пропантов компании Carbo Ceramics Inc. в 2012-2017 гг., тыс. т
- Рисунок 7. Региональная структура производства пропантов в России в 2016-2023 гг., %
- Рисунок 8. Динамика производства пропантов в России в 2000-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 9. Динамика и структура производства пропантов в России в 2013-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 10. Динамика производства пропантов по видам в России в 2003-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 11. Динамика производства пропантов в АО «Боровичский комбинат огнеупоров» в 2000-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 12. Сравнительная характеристика продукции ООО «Форэс»
- Рисунок 13. Динамика отгрузки пропантов производства ООО «Форэс» по подразделениям в 2014-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 14. Динамика производства пропантов ООО «Форэс» в 2002-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 15. Динамика производства пропантов ООО «Веллпроп» в 2007-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 16. Динамика производства пропантов ООО «Ника-Петротэк» в 2015-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 17. Динамика производства пропантов ООО «Трехгорный керамический завод» в 2004-2020 гг., тыс. т
- Рисунок 18. Динамика российского экспорта-импорта пропантов в 2000-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 19. Динамика российского экспорта пропантов в 2003-2023 гг., тыс. т, млн \$
- Рисунок 20. Изменение региональной структуры российского экспорта пропантов в 2010-2023 гг., %
- Рисунок 21. Динамика импорта пропантов России в 2003-2023 гг., тыс. т, млн \$
- Рисунок 22. Динамика средних экспортно-импортных цен на пропанты в 2003-2023 гг., \$/т
- Рисунок 23. Динамика производства, экспорта, импорта и потребления пропантов в РФ в 2000-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 24. Структура потребления пропантов в России в региональном разрезе в 2016-2023 гг., %
- Рисунок 25. Добыча нефти и газового конденсата в России в 2000-2023 гг., млн т



- Рисунок 26. Структура добычи нефти в России по компаниям в 2018-2022 гг., %
- Рисунок 27. Динамика и структура добычи нефти в России по федеральным округам в 2014-2022 гг., млн т
- Рисунок 28. Динамика проходки в эксплуатационном бурении в России по крупнейшим компаниям в 2013-2023 гг., тыс. км
- Рисунок 29. Динамика объемов эксплуатационного бурения по видам в России в 2013-2023 гг., млн м
- Рисунок 30. Динамика проходки в горизонтальном бурении в 2013-2019 гг., млн м
- Рисунок 31. Динамика операций одностадийного ГРП и МГРП в России в 2006-2023 гг., тыс. ед.
- Рисунок 32. Доли компаний-заказчиков на рынке одностадийного ГРП в России в 2018 г., %
- Рисунок 33. Структура рынка МГРП по компаниям-заказчикам в 2018 г., %
- Рисунок 34. Количество операций ГРП, проведенных крупнейшими российскими нефтегазодобывающими компаниями в 2005-2018 гг.
- Рисунок 35. Структура потребления пропантов ПАО «НК «Роснефть» по фракциям
- Рисунок 36. Динамика применения и эффективность ГРП в ПАО «Сургутнефтегаз»
- Рисунок 37. Рост количества операций ГРП и дополнительной добычи от ГРП и МГРП в ПАО «Газпром нефть» в 2010-2019 гг.
- Рисунок 38. Прогноз потребления пропантов в России до 2030 г., млн т

## Аннотация

Настоящий отчет является **десятым изданием** исследования рынка пропантов в России и мире.

**Цель исследования** – анализ рынка пропантов.

**Объектом исследования** являются пропанты: природный кварцевый песок, алюмосиликатные керамические пропанты (на основе бокситов, каолинов и их смесей), магнезиально-силикатные пропанты (на основе серпентинитов, оливинитов и их природных смесей), пропанты с полимерным покрытием (как керамические, так и кварцевый песок).

**Хронологические рамки исследования:** 2000-2023 гг.; прогноз – до 2030 гг.

**География исследования:** Россия – комплексный подробный анализ рынка, мир – краткая характеристика

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использованы данные Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстат), статистики железнодорожных перевозок РФ, Федеральной таможенной службы РФ, Базы данных ООН, Базы данных «Инфомайн». Также были привлечены данные отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов предприятий-производителей пропантов, а также телефонных интервью с производителями данной продукции.

**Объем исследования:** отчет состоит из **7** частей, содержит **166** страниц, в том числе **62** таблицы, **38** рисунков и **2** приложения.

**Первая глава** отчета посвящена краткой характеристике текущего состояния мирового рынка пропантов. В этом разделе приведены данные об объемах производства пропантов, основных мировых производителей.

**Во второй главе** приведены данные о видах и требованиях к качеству пропантов.

**Третья глава** отчета посвящена анализу производства пропантов в России. В ней приведены данные об объемах выпуска пропантов в 2000-2023 г., описано текущее состояние предприятий-производителей пропантов, включая данные о характеристиках выпускаемой продукции, объемах и направлениях поставок.

**В четвертой главе** отчета проведен анализ внешнеторговых операций российских предприятий с пропантами в 2000-2023 гг. Приведены данные об объемах поставок, основных экспортёрах и импортёрах исследуемой продукции, оценена региональная структура поставок.

В **пятой главе** приведены цены на пропанты на внутреннем рынке России, а также проанализирована динамика экспортно-импортных цен на продукцию в 2003-2023 гг.

**Шестая глава** посвящена оценке внутреннего потребления пропантов в России. В этой главе приведен баланс производства-потребления продукции в 2000-2023 гг., оценена региональная структура потребления. Также приведены сведения об объемах отгрузки пропантов основным российским получателям. В данной главе подробно описаны крупнейшие российские потребители пропантов.

В заключительной, **седьмой главе** отчета описаны основные тенденции развития рынка пропантов и приведен прогноз производства и потребления данной продукции в России на период до 2030 г.

В **приложениях** к отчету приведены контактные данные ведущих российских производителей пропантов и основных потребителей продукции.

**Целевая аудитория исследования:**

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

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

## Введение

Пропанты (от англ. *to prop* – расpirать) – высокопрочные гранулированные материалы (расклинивающие агенты), используемые в технологии гидроразрыва нефтегазонасного пласта (ГРП) для закачки в скважины совместно с жидкой фазой.

Гидроразрыв пласта в настоящее время является одним из широко применяемых методов увеличения продуктивности скважин в нефтегазодобывающей промышленности.

Сущность ГРП заключается в создании и закреплении трещин в пласте нефтегазонасных пород. Под высоким давлением в пласт закачивается смесь жидкости и специального расклинивающего агента (пропанта), который заполняет трещины и сохраняет их высокую проводимость. По этим трещинам обеспечивается приток нефти, которая без применения ГРП в скважину бы не поступила.

В ствол скважины и в созданную трещину пропант доставляется в виде суспензии в жидкости разрыва.

Рынок ГРП в России развивается стремительными темпами – если в 2000 г. в России было проведено 2,17 тыс. операций ГРП, то в 2014-2019 гг. число операций ГРП составляло 14,3-15,6 тыс./год, по итогам 2023 г. – превысило 16 тыс./год.

Впервые технология производства пропантов в России была разработана в 1994 г. в АО «Боровичский комбинат огнеупоров» (Новгородская обл.), первая производственная линия по выпуску пропантов мощностью 15 тыс. т в год была введена в 1998 г.

Увеличение числа проводимых гидроразрывов пласта, а также проведение многостадийных и повторных ГРП требовало все большего количества пропанта, что стимулировало рост производственных мощностей по выпуску данной продукции – действующие предприятия расширяли существующие мощности, также на рынке появились новые производители пропантов.

В 2018-2019 гг. емкость российского рынка пропантов превысила 1,5 млн т.

События 2020 г. – сделка ОПЕК+ по сокращению добычи нефти на фоне пандемии COVID-19 привели к снижению объемов добычи нефти в РФ и, как следствие, к сокращению объемов бурения и объемов использования пропантов.

В 2022 г. объем российского рынка пропантов увеличился скачкообразно и приблизился к уровню 1,9 млн т, по итогам 2023 г. потребление пропантов увеличилось до 2,1 млн т, что является максимальным показателем за всю историю.

В русской транскрипции слово *proppants* используется в двух вариантах написания – пропанты и проппанты, экспертами «Инфомайн» было принято решение применять в данном обзоре первый вариант – «пропанты».

## Краткая характеристика мирового рынка

### 1.1. Виды пропантов

Пропанты – сферические гранулы, удерживающие под большим давлением трещины ГРП (гидроразрыв пласта) от смыкания и обеспечивающие необходимую производительность нефтяных и/или газовых скважин путем создания в пласте проводящего канала.

В период развития метода ГРП в качестве расклинивающих агентов (пропантов) предлагалось использовать различные материалы – песок, стеклянные шарики, стальную дробь, алюминиевую стружку, зольные отходы и пр.

*Кварцевый песок* был первым материалом, который использовался в низкопродуктивных скважинах для интенсификации добычи нефти путем глубокопроникающего гидроразрыва пласта (ГРП). Кварцевый песок и в настоящее время наиболее широкое применение в качестве расклинивающего агента, который пригоден для всех пластов, доступен и имеет невысокую стоимость. Но наряду с этими преимуществами песок имеет ряд значительных недостатков – песчаные пропанты разрушаются при давлении около 28 МПа и, следовательно, не могут быть использованы в скважинах на большой глубине; кроме того, при использовании песка в трещинах из рыхлой породы, он может внедряться в нее.

По мере развития технологии возникла необходимость в более прочных пропантах. Было предложено использовать в качестве пропанта гранулы из спеченного алюминия, однако наряду с превосходными прочностными характеристиками этот материал отличался высокой стоимостью. Также использовались расклинивающие материалы со средним уровнем прочности, которые представляли собой смесь алюминиевой руды и кремнезема.

После многолетних исследований предпочтение было отдано керамическим пропантам, так как они сочетают в себе высокую прочность, невысокую насыпную плотность, химическую стойкость и высокую проводимость. Помимо керамических пропантов был освоен промышленный выпуск пропантов с полимерным покрытием (RCP-пропантов), которые по прочностным характеристикам превосходят прочие виды пропантов.

Рынок керамических и RCP-пропантов развивался очень быстрыми темпами – первое применение керамических пропантов относится к 1983 г., RCP-пропантов – к 1984 г., а уже к 2000 г. объем использования данных видов пропантов превысил 450 тыс. т/год.

К условиям, определяющим требуемые эксплуатационные свойства пропантов, относятся: глубина скважины, температура и давление внутри пласта, его нефтегазоносность, заводненность. Давление внутри пласта напрямую зависит от глубины его залегания, т.е от глубины скважины, именно эта величина является определяющей при выборе пропанта по характеристике прочности.

Выбор конкретного вида пропанта определяется геологическими условиями пласта, в котором он будет применяться.

Кварцевый песок имеет удельный вес приблизительно  $2,65 \text{ г/см}^3$ , обычно песок используется при гидроразрыве пластов, в которых напряжение сжатия не превышает 40 МПа.

Среднепрочные керамические пропанты с удельным весом  $2,7-3,3 \text{ г/см}^3$ , используются при напряжении сжатия до 69 МПа. Сверхпрочные пропанты используются при напряжении сжатия до 100 МПа, удельный вес этих материалов составляет  $3,2-3,8 \text{ г/см}^3$ , но использование сверхпрочных пропантов ограничивается их высокой стоимостью.

Прочность является основным критерием при подборе пропантов для конкретных пластовых условий с целью обеспечения длительной проводимости трещины на глубине залегания пласта.

В глубоких скважинах минимальное напряжение – горизонтальное, поэтому образуются преимущественно вертикальные трещины. С глубиной максимальное вертикальное напряжение возрастает. Поэтому по глубине пропанты имеют следующие области применения: кварцевые пески – до 2500 м; пропанты средней прочности – до 3500 м; пропанты высокой прочности – свыше 3500 м.

Для операции гидроразрыва пласта очень важен выбор фракции пропанта. Размер пропанта, как правило, указывается в мешах, и лежит в пределах от 8 до 140 меш (от 105 мкм до 2,38 мм). Меш указывает на количество отверстий на один линейный дюйм экрана сита. Как правило, более крупная фракция пропанта обеспечивает более высокую проводимость трещины, благодаря большому количеству пор между гранулами пропанта.

Но крупные фракции пропанта больше подвержены разрушению, поэтому при проведении операции ГРП часто используют смеси из различных фракций пропанта.

В настоящее время в операциях ГРП используются следующие виды пропантов:

- природный кварцевый песок;
- алюмосиликатные керамические пропанты (на основе бокситов, каолинов и их смесей);
- магнезиально-силикатные пропанты (на основе серпентинитов, оливинитов и их природных смесей);
- пропанты с полимерным покрытием (как керамические, так и кварцевый песок).

Вышеупомянутые виды пропантов различаются такими основными характеристиками, как плотность и давление на сжатие. Наименьшими прочностными характеристиками обладает кварцевый песок, наибольшими –

алюмосиликатные пропанты на основе боксита и керамические пропанты с полимерным покрытием (табл. 1).

Следует отметить, что, несмотря на разнообразие пропантов, используемых в мировой практике в технологии ГРП в настоящее время, кварцевый песок остается наиболее дешевым и наиболее широко применяемым видом пропантов.

*Керамические пропанты.* Высокопрочным пропантом является керамический агломерированный боксит, который изготавливают из качественных бокситовых или каолиновых руд. Процесс изготовления включает измельчение руды, компактирование в сферические частицы и последующий обжиг в печи при высокой температуре, вызывающей процесс агломерации. Конечный продукт обычно содержит до 85%  $Al_2O_3$ . Остальные 15% составляют оксиды железа, титана и кремния. Удельная плотность его  $3,65 \text{ г/см}^3$  по сравнению с плотностью песка  $2,65 \text{ г/см}^3$ . Применяются агломерированные бокситы в основном в глубоких (более 3500 м) скважинах.

Пропанты промежуточной плотности (удельная плотность  $3,15 \text{ г/см}^3$ ) – отличаются от агломерированных бокситов, прежде всего, своим составом. Содержание оксида алюминия в них ниже, содержание кремния – выше. При давлениях до 80 Мпа по проницаемости они близки к агломерированным бокситам. Поэтому в большинстве случаев, благодаря более низкой стоимости, ими заменяют бокситы.

Пропанты низкой плотности ( $2,72 \text{ г/см}^3$ ) – изготавливаются так же, как и перечисленные выше. Главным отличием является их состав, они содержат 49%  $Al_2O_3$ , 45%  $SiO_2$ , 2%  $TiO_2$  и 4% прочих оксидов.

Кроме того, были созданы пропанты с *полимерным покрытием*, так называемые RCP-пропанты (Resin Coated Proppant). С целью предотвращения обратного выноса пропантов на конечной стадии ГРП в скважину закачиваются RCP-пропанты, покрытые частично отвержденными полимерными материалами. За счет полимеризации покрытия под воздействием высоких температур и давления происходит прочное сцепление пропантов.

При этом сохраняются высокие значения проницаемости даже при воздействии на полимерно-покрытые пропанты высоких давлений.



Таблица 1. Технические характеристики пропантов различных видов

Вид пропанта	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	Давление на сжатие, не более, МПа	Сферичность	Растворимость в кислотах, %
кварцевый песок	~1,4	2,7	28	<0,7	-
алюмосиликатные пропанты на основе боксита	1,85-2,0	3,56	100	0,9	3,5
алюмосиликатные пропанты на основе смеси боксита и каолина	1,57-1,85	2,7-3,3	85	0,9	4,5
алюмосиликатные пропанты на основе каолина	1,57	2,7	52-70	0,9	1,7
магнезиально-силикатные пропанты	1,55	2,7	52-70	0,9	7,8
керамические пропанты с полимерным покрытием	1,63-1,68	2,89-2,94	100	0,9	0,9-2,5

*Источник: обзор научно-технической литературы*

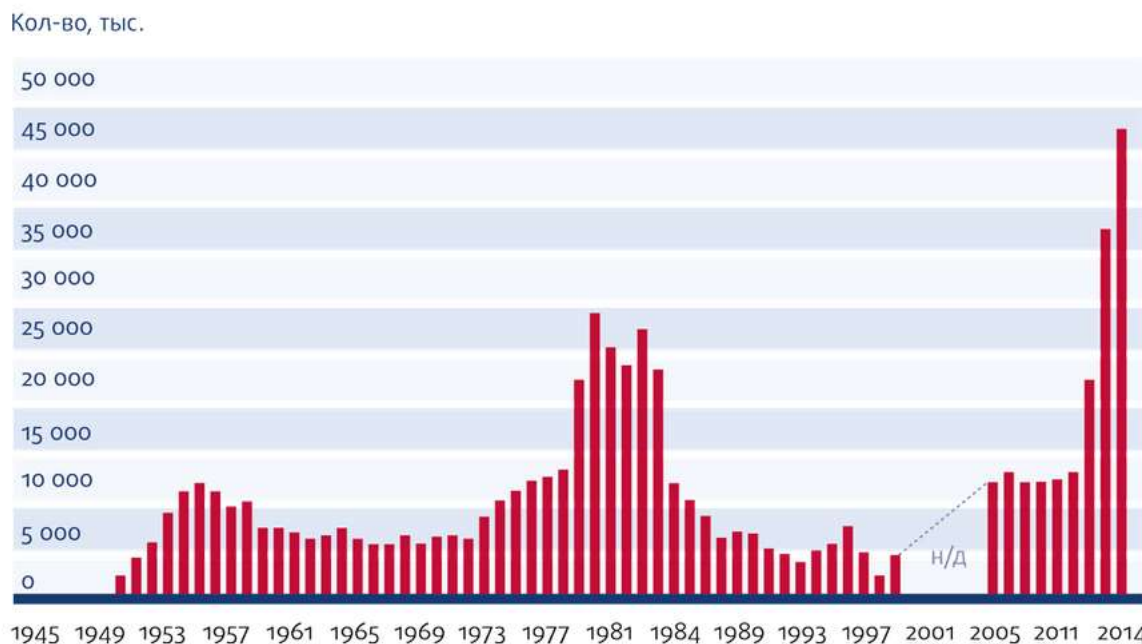
## 1.2. Мировое производство пропантов

Технология гидроразрыва пласта (ГРП) остается одной из самых востребованных среди методов интенсификации притока и увеличения нефтеотдачи во всем мире.

Первый коммерчески успешный гидроразрыв пласта был осуществлен в 1949 г. в США (его проведение приписывается компании Halliburton), после чего количество ГРП стало резко возрастать. В качестве жидкости разрыва в тот момент использовалась техническая вода, в качестве расклинивающего агента – речной песок.

Технология получила быстрое распространение – к середине 50-х годов количество проводимых ГРП в США достигло 10 тыс./год (рис. 1).

**Рисунок 1. Динамика количества операций ГРП на нефтяных скважинах США в 1949-2014 гг., ед.**



Источники: Экономидес М., Олини Р., Валько П. «Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. ОТ теории к практике». Environment America. Rystad Energy. Frac Focus

В отечественной практике метод ГРП начали применять с 1952 г. Разработчиками теоретической основы были советские ученые Христианович С. А. и Желтов Ю. П. Пик применения метода был достигнут в 1959 г., после чего количество операций снизилось, а затем и вовсе прекратилось.

С начала 1970-х и до конца 1980-х ГРП в отечественной нефтедобыче в промышленных масштабах не проводились. В связи с вводом в разработку крупных нефтяных месторождений Западной Сибири потребность в интенсификации добычи попросту отпала. Возрождение практики применения

ГРП в России началось уже в конце 1980-х. За 1988-1995 гг. только в Западной Сибири было произведено более 1600 операций ГРП.

К настоящему времени уже более 18 лет осуществляется интенсивное освоение сланцевых месторождений в Северной Америке, добыча углеводородов из которых невозможна без применения метода ГРП. Интерес нефтяных компаний к месторождениям данного типа обусловлен снижением добычи легкой и средней плотности нефти. Абсолютным лидером в области разработки сланцевых месторождений являются США, страна занимает первое место в мире по числу проводимых ГРП.

По некоторым оценкам, на втором месте по количеству операций ГРП находится Канада, а третью позицию занимает Россия.

В последние несколько лет число операций ГРП в России составляет 14-16 тыс./год. Применение технологии ГРП в нашей стране производят, в основном, на нефтяных месторождениях Западной Сибири.

Россия – практически единственная страна (не считая Аргентины) за пределами США и Канады, где ГРП является привычной практикой. В других странах применение технологии гидроразрыва затруднено из-за местных предрассудков и недопонимания технологии. В некоторых странах действуют существенные ограничения по использованию технологии ГРП вплоть до прямого запрета на ее применение. В связи с возможным ущербом для окружающей среды добыча сланцевого газа запрещена не менее, чем в 30 странах, среди которых Франция и Болгария, приостановлена также в нескольких городах Германии, ряде штатов США.

За счет активной разработки сланцевых месторождений нефти и газа мировой рынок пропантов в период до 2014 г. имел ярко выраженную тенденцию к росту. По оценкам компаний PropTester, Inc. и KELRIK LLC, в 2014 г. емкость мирового рынка пропантов достигла максимального показателя, объем производства и потребления данной продукции составил *61 млн т/год*.

В 2015 г. ситуация в нефтегазовой отрасли мировой экономики оказала негативное влияние на рынок пропантов. Сохраняющийся дисбаланс спроса и предложения на мировом рынке нефти привел к дальнейшему снижению цен на нефть, которое началось во втором полугодии 2014 г.

В течение 2015 г. мировой спрос на нефть продолжил снижаться и в январе 2016 г. цена на нефть марки Brent упала до минимальных значений за предыдущие 10 лет – порядка 29 \$/барр.

На потребление углеводородов существенное влияние оказало замедление роста экономики некоторых стран, в частности Китая, который в последние годы обеспечивал большую часть роста мировой экономики.

Следующий минимум – 20 \$/барр – пришелся на апрель 2020 г. и был обусловлен падением спроса в связи с ограничениями, вызванными пандемией COVID-19.