

Что ждать и на что надеяться жителям Земли

В.А. Родионов

27.02.2026 г.

What to Expect, What Earthlings Can Hope For

V. A. Rodionov

27.02.2027

- **Short-term goal (50–100 years):** Establishing a self-reproducing industrial base in space (the Moon, asteroids) that is independent of Earth. This will relieve the ecological pressure on the planet.
- **Medium-term goal (100–500 years):** Terraforming Mars as a testing ground and a “backup copy” of the biosphere. Exploiting the resources of the asteroid belt and gas giants. Developing the principles of planetary engineering to restore Earth.
- **Long-term goal (500–5 000 years):** Transforming the Solar System into a habitat for life. Building orbital megacities. Searching for, and possibly beginning to terraform, suitable exoplanets. The civilization becomes immune to the destruction of any single planet.

Начнем с подробной таблицы, отражающей динамику мирового потребления нефти с 1800 года по настоящее время.

Важное пояснение: До начала 20 века нефть была нишевым продуктом. Массовое потребление началось с изобретения автомобиля и двигателя внутреннего сгорания. Данные до 1965 года являются оценочными, основанными на исторических исследованиях. Для наглядности расход приведен в двух единицах: **миллионах тонн в год** (традиционная метрика) и **миллионах баррелей в сутки** (мб/с) — стандартная отраслевая единица (1 баррель $\approx 0,136$ тонны).

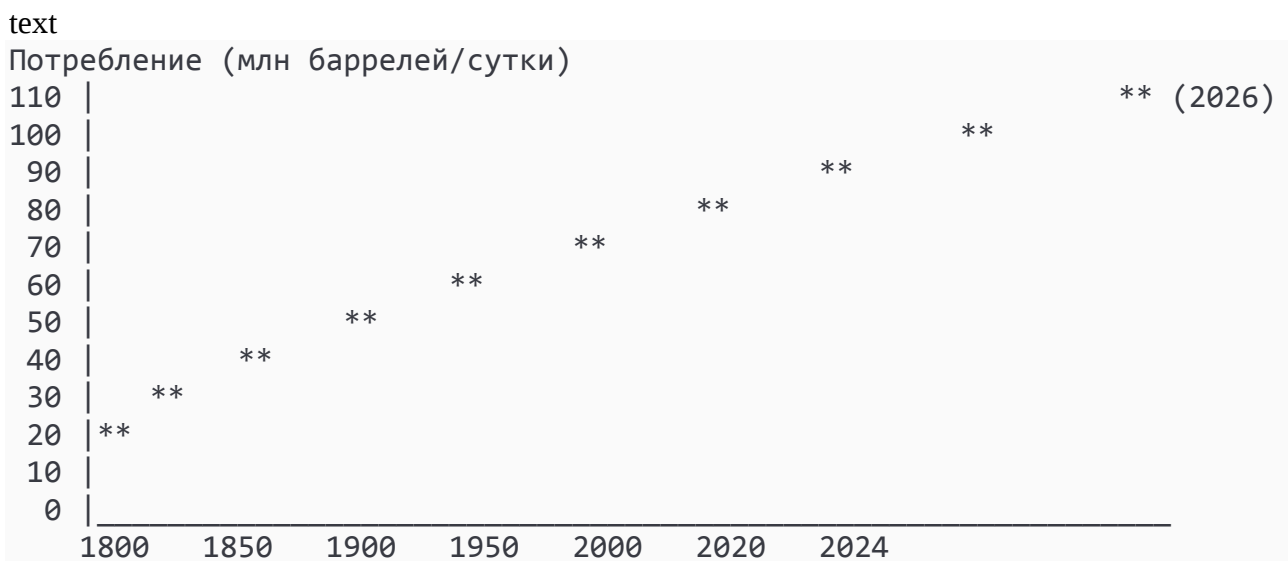
Таблица: Мировое потребление нефти (1800 г. — настоящее время)

Период / Год	Приблизительный расход (млн тонн/год)	Приблизительный расход (млн баррелей/сутки)	Ключевые технологические и исторические драйверы
1800 — 1858	< 0.1	< 0.002	Доиндустриальная эра. Энергия — мускульная сила, древесина, уголь. Нефть (естественные выходы) используется локально для пропитки, смазки, примитивной медицины.
1859	~0.001	~0.00002	Рождение индустрии. Первая коммерческая нефтяная скважина Эдвина Дрейка в Пенсильвании (США).
1860 — 1900	Рост с ~0.1 до ~20	Рост с ~0.002 до ~0.4	«Эра керосина». Основной продукт — керосин для ламп, вытеснивший китовый жир. Бензин — опасный побочный продукт. Развитие

Период / Год	Приблизительный расход (млн тонн/год)	Приблизительный расход (млн баррелей/сутки)	Ключевые технологические и исторические драйверы
			нефтепромыслов в Баку (Россия), Суматре.
1900	~20	~0.4	Зарождение автомобиля. Первые модели с ДВС. Начало 20 века — ~11 тыс. автомобилей в США.
1910	~45	~0.9	Военно-морская революция. Британский флот переходит с угля на мазут. Начало Первой мировой войны — нефть становится стратегическим товаром.
1920	~100	~2.0	Массовая автомобилизация. Конвейер Генри Форда (Model T). Бензин становится главным продуктом переработки.
1940	~300	~6.0	Вторая мировая война — «война моторов». Колоссальный рост потребления для нужд армий и промышленности.
1950	~550	~11.0	Послевоенный экономический бум. Рост пригородов, строительство автобанов, начало массовых авиаперевозок.
1960	~1100	~22.0	«Золотой век» дешевой нефти. Открытие гигантских месторождений на Ближнем Востоке. Нефть вытесняет уголь в энергобалансе.
1970	~2400	~48.0	Пик легкодоступной нефти. Бурный рост. 1973 г. — первый нефтяной кризис (эмбарго ОПЕК).
1980	~3100	~62.0	Второй нефтяной кризис (1979). Революция в Иране. Максимум цен. Начало энергосбережения.
1990	~3200	~64.0	Стагнация после кризисов. Падение цен в 1986 г. Рост потребления возобновляется медленно.
2000	~3700	~74.0	Глобализация и азиатский бум. Мощный экономический рост Китая.
2010	~4100	~82.0	«Сланцевая революция» в США. Гидроразрыв пласта (ГРП) меняет мировой рынок.
2019 (пик)	~4500	~99.7	Допандемический исторический максимум.
2020	~4200	~91.0	Пандемия COVID-19. Карантины, остановка авиации. Резкое падение спроса.

Период / Год	Приблизительный расход (млн тонн/год)	Приблизительный расход (млн баррелей/сутки)	Ключевые технологические и исторические драйверы
2023	~4600	~102.2	Восстановление и новый рекорд. Спрос превысил уровень 2019 года.
2024 (прогноз)	~4630-4650	~102.5 - 103.0	Плато спроса. Ожидается умеренный рост (~1%), но темпы замедляются.

Визуализация тренда (упрощенный график):



Ключевые выводы:

1. **Экспоненциальный рост:** За 20-й век потребление выросло более чем в **200 раз**.
2. **Смена лидера потребления:** Исторический центр (США/Европа) сместился в **Азиатско-Тихоокеанский регион** (Китай, Индия).
3. **Уязвимость к кризисам:** Резкие падения были только из-за крупнейших геополитических и экономических потрясений (1970-е, 2008-2009, 2020).
4. **Будущее — «плато» и пик спроса:** Ожидается, что в ближайшие 5-10 лет глобальный спрос на нефть достигнет пика и выйдет на плато из-за:
 - Электрификации транспорта.
 - Повышения энергоэффективности.
 - Климатической политики и развития ВИЭ.

Источники данных для современного периода: Ежегодные обзоры **BP Statistical Review of World Energy**, **International Energy Agency (IEA)**, **U.S. Energy Information Administration (EIA)**.

Прогнозы по потреблению нефти — одна из самых горячих тем в энергетике, и мнения экспертов сильно расходятся. Представим сводную таблицу с тремя основными сценариями от ключевых мировых организаций.

Таблица: Прогноз мирового потребления нефти на грядущие десятилетия (в млн баррелей в сутки, мб/с)

Год	Сценарий 1: "Инерционный" (BAU - Business as Usual) (МЭА, ОПЕК, ExxonMobil)	Сценарий 2: "Политика и переход" (STEPS - Stated Policies) (МЭА, EIA)	Сценарий 3: "Климатические цели" (NZE - Net Zero Emissions) (МЭА, IPCC)	Ключевые драйверы и допущения для периода
2024	~102.5 - 103.5	~102.5 - 103.5	~102.5 - 103.5	Текущий уровень. Восстановление после пандемии, рост в Азии, сдерживание со стороны ВИЭ и ЭМ.
2030	~105 - 110	~100 - 103	~85 - 90	Пик спроса. Рост в развивающихся странах (Азия, Африка) компенсирует падение в развитых. Скорость внедрения ЭМ и ВИЭ — ключевой фактор.
2040	~108 - 115	~95 - 100	~55 - 65	Дивергенция сценариев. BAU: рост продолжается. STEPS: плато и начало снижения. NZE: резкое сокращение.
2050	~110 - 120+	~75 - 85	~25 - 30	Мир к 2050 году. BAU: нефть остается основой. STEPS: значительный энергопереход. NZE: нефть — нишевый продукт для хим. промышленности и авиации.

Расшифровка сценариев и источники:

1. «Инерционный» (BAU / Reference Case)

- **Суть:** Предполагает, что текущие тренды и политика не меняются радикально. Рост мировой экономики и населения (особенно в Азии и Африке) продолжает подпитывать спрос на нефть.
 - **Кто прогнозирует:** ОПЕК в своем долгосрочном обзоре видит рост до 2045-2050 гг. ExxonMobil также прогнозирует рост спроса до 2040-х годов.
 - **Драйверы роста:** Пластик (нефтехимия), авиация, морской транспорт, грузоперевозки — сектора, где замена нефти сложна. Рост мобильности в развивающихся странах.
2. «Политика и переход» (STEPS / APS)
- **Суть:** Учитывает уже принятые правительствами климатические обязательства и цели (например, Парижское соглашение). Это **наиболее вероятный сценарий по мнению многих аналитиков**.
 - **Кто прогнозирует:** Международное энергетическое агентство (МЭА) в своем основном ежегодном прогнозе (World Energy Outlook). Управление энергетической информации США (EIA) в International Energy Outlook.
 - **Прогноз:** Пик спроса на нефть наступит до 2030 года (по МЭА — в 2028). После пика начнется медленное, но неуклонное снижение из-за роста электромобилей, энергоэффективности и политики декарбонизации.
3. «Климатические цели» (NZE / SDS)
- **Суть:** Агрессивный сценарий, необходимый для ограничения глобального потепления на 1.5°C к 2050 году (цель Net Zero). Требуется революционных изменений в политике, технологиях и инвестициях.
 - **Кто прогнозирует:** МЭА в специальном докладе "Net Zero by 2050". Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC).
 - **Прогноз:** Резкое и немедленное снижение спроса на нефть. К 2050 году потребление должно сократиться на ~75% от текущего уровня. Нефть остается только там, где ее практически невозможно заменить (например, сырье для химии).

Ключевые факторы, которые определяют реальный путь:

Фактор	Влияние на спрос
1. Скорость электрификации транспорта	Главный фактор. Темпы роста парка электромобилей (особенно в Китае, ЕС, США) и электрификация коммерческого транспорта.
2. Экономический рост Азии и Африки	Фактор роста. Урбанизация и рост благосостояния в Индии, ЮВА, Африке будут увеличивать спрос на мобильность и товары.
3. Государственная политика	Решающий фактор. Запреты ДВС (после 2035 в ЕС, Калифорнии), налоги на выбросы, субсидии на ВИЭ и ЭМ.
4. Технологии	Неопределенность. Прорыв в аккумуляторах, водородной энергетике, улавливании углерода (CCUS) для "чистой" нефтехимии.
5. Нефтехимия (пластмассы)	"Последний бастион" спроса. Даже в NZE-сценарии спрос на нефть как сырье сохраняется. Переработка пластика может его снизить.

Вывод: Консенсус сместился от вопроса «будет ли пик спроса?» к вопросам «когда он наступит?» и «насколько крутым будет спад?». Наиболее вероятным представляется

сценарий «**Политика и переход**» (STEPS), при котором пик спроса наступит в конце 2020-х годов с последующим постепенным снижением. Однако геополитика и технологические прорывы могут сдвинуть траекторию в любую сторону.

1. **Текущий уровень (2024-2026):**

- Обозначен символом * в начале всех трех линий.
- **Фактическое значение:** ~102-103 млн баррелей в сутки (мб/с).
- Это точка расхождения всех сценариев.

2. **Три прогнозных сценария:**

- ☐ **Синяя линия (Инерционный сценарий / BAU):**
 - Плавный рост до ~110-115 мб/с к 2040 году и далее.
 - Предполагает, что текущие тренды сохранятся без радикальных изменений в политике.
- ☐ **Зеленая линия (Политика и переход / STEPS):**
 - **Пик спроса около 2028-2030 гг.** на уровне ~103 мб/с.
 - После пика — постепенное снижение до ~95-100 мб/с к 2040 и ~75-85 мб/с к 2050.
 - **Наиболее вероятный сценарий по мнению МЭА.**
- ☐ **Красная линия (Климатические цели / NZE):**
 - **Резкое снижение сразу после 2025 года.**
 - Падение до ~85-90 мб/с к 2030, ~55-65 мб/с к 2040 и ~25-30 мб/с к 2050.
 - Для достижения целей Парижского соглашения по климату.

3. **Ключевые точки расхождения:**

- **К 2030 году:** Разрыв между сценариями BAU и NZE составит уже ~20-25 мб/с.
 - **К 2050 году:** Разрыв станет драматическим — почти **90 мб/с** между самым оптимистичным для нефти и самым жестким климатическим сценарием.
- **Энергетический переход уже начался.** Даже в инерционном сценарии темпы роста спроса замедляются.
 - **Следующие 5-7 лет (до 2030) — критическое окно.** Именно в этот период станет ясно, по какому пути пойдет мир: продолжится ли рост или начнется необратимое снижение.
 - **Инвестиционные риски.** Компании, планирующие долгосрочные проекты по добыче нефти (с окупаемостью после 2030), сталкиваются с огромной неопределенностью. Их прибыльность будет напрямую зависеть от того, какой сценарий реализуется.

Источники данных для графика: Прогнозы Международного энергетического агентства (IEA), ОПЕК (OPEC), Управления энергетической информации США (EIA) и сценарии Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC).

Таблица: Прогноз мирового потребления природного газа на грядущие десятилетия (в млрд куб. метров в год, млрд м³/год)

Рассмотрим мировое потребление газа.

Год	Сценарий 1: "Инерционный" (BAU) (OPEC, ExxonMobil, Газпром)	Сценарий 2: "Политика и переход" (STEPS) (МЭА, EIA)	Сценарий 3: "Климатические цели" (NZE) (МЭА, IPCC)	Ключевые драйверы и допущения
2024	~4050 - 4100	~4050 - 4100	~4050 - 4100	Текущий уровень. Спрос стабилизируется после шока 2022 г. Рост в Азии, спад в Европе.
2030	~4400 - 4600	~4200 - 4300	~3500 - 3700	Переходное топливо. Газ замещает уголь в Азии, но рост ВИЭ и политика замедляют его.
2040	~4800 - 5200	~4300 - 4500	~2000 - 2300	Дивергенция. BAU: газ — растущий хаб. STEPS: плато. NZE: резкий спад без CCS.
2050	~5000 - 5500	~3800 - 4200	~1000 - 1200	Итог. BAU: основа энергобаланса. STEPS: важная, но снижающаяся роль. NZE: ниша с улавливанием углерода.

1. Текущий уровень (2024-2026):

- ~4050-4100 млрд м³/год (около 4.1 трлн м³).
- После рекордного спада в Европе в 2022-2023 гг. спрос стабилизируется.

2. Три прогнозных сценария:

- ☐ **Синяя линия (Инерционный сценарий / BAU):**
 - **Умеренный, но устойчивый рост** (~1-1.5% в год).
 - Газ считается **наиболее чистым ископаемым топливом**, замещающим уголь в Азии и поддерживающим индустриализацию Африки.
 - **Драйверы:** Рост СПГ-торговли, газификация развивающихся стран, нефтехимия.
- ☐ **Зеленая линия (Политика и переход / STEPS):**
 - **Короткий период роста с пиком около 2030 года**, затем плато и медленное снижение.
 - Газ играет роль «**переходного моста**» от угля к ВИЭ, особенно в электроэнергетике.
 - **Ключевой фактор:** Конкуренция с ускоряющимся ростом ветра, солнца и накопителей, которые становятся дешевле.
- ☐ **Красная линия (Климатические цели / NZE):**
 - **Быстрое снижение после 2025-2030 гг.**
 - Газ без технологии улавливания углерода (CCS) не имеет места в углеродно-нейтральном мире.
 - К 2050 году остаётся только в нишевых применениях с CCS или как резерв для ВИЭ.

3. Ключевые отраслевые драйверы (отличаются от нефти):

- **Электроэнергетика:** Главный потребитель (~40% спроса). Здесь газу угрожают ВИЭ.
- **Промышленность:** Вторая по величине категория (металлургия, цемент, химия). Замена здесь сложнее — требуется высокотемпературное тепло или водород.
- **Здания (отопление):** Постепенное вытеснение тепловыми насосами и электрификацией.
- **Водород:** «Голубой водород» (из газа с CCS) может стать новым рынком, но в NZE-сценарии его теснит «зелёный» (из ВИЭ).

Выводы по газу:

1. **Более оптимистичные краткосрочные перспективы,** чем у нефти. Газ рассматривается как меньшее зло по сравнению с углём, особенно в Азии.
2. **Пик спроса на газ наступит позже, чем пик спроса на нефть** (скорее в 2030-х, а не в 2020-х годах).
3. **Геополитика и инфраструктура решают.** Успех газа зависит от строительства СПГ-терминалов и трубопроводов, что делает его уязвимым для политических решений.
4. **Судьба газа решается в электроэнергетике.** Если накопители энергии (батареи) решат проблему прерывистости ВИЭ, необходимость в газовых пиковых электростанциях резко упадёт.

В итоге, природный газ переживает «золотой закат». У него есть окно возможностей в ближайшие 10-15 лет как у переходного топлива, но в долгосрочной перспективе (к 2050) его ждёт либо стагнация, либо резкое сокращение в зависимости от решимости мира бороться с изменением климата.

Рассмотри мировое потребление угля

Уголь — это топливо, с которого началась промышленная революция. Вот комплексный анализ: историческая таблица, исторический график и прогноз до 2120 года.

ЧАСТЬ 1: Историческая таблица потребления угля (1800 г. — настоящее время)

Период / Год	Приблизительный расход (млн тонн нефтяного эквивалента, млн тнэ/год)	Ключевые исторические драйверы и события
1800 — 1820	~10 — 20	Начало промышленной революции. Паровые машины Уатта, механизация текстильной промышленности (Великобритания). Уголь заменяет древесину.
1850	~80 — 100	Железные дороги и пароходы. Уголь — единственное топливо для транспорта и промышленности. Лидеры: Великобритания, Бельгия, США, Германия.

Период / Год	Приблизительный расход (млн тонн нефтяного эквивалента, млн тнэ/год)	Ключевые исторические драйверы и события
1900	~500 — 600	Сталь и электричество. Бессемеровский процесс, первая угольная ТЭС (1882, Нью-Йорк). Уголь — абсолютный король энергетики (>90% мирового топлива).
1910	~800	Первая мировая война. Уголь — основа военной промышленности (производство стали, паровозы, электроэнергия).
1950	~1100 — 1200	Послевоенное восстановление. Пик угля в Европе и США. Начало конкуренции с нефтью и газом в транспорте и отоплении.
1960	~1400 — 1500	«Золотой век» нефти. Уголь начинает терять долю в мировом энергобалансе, но абсолютный рост продолжается.
2000	~2300 — 2400	Рост Азии. Падение угля в Европе (после Киотского протокола) компенсируется взрывным ростом в Китае.
2010	~3500	Китайский бум. Китай потребляет >50% мирового угля для своей сталелитейной и строительной индустрии.
2013 (Исторический пик)	~3900 — 4000	Абсолютный максимум мирового потребления угля.
2020	~3700	Пандемия COVID-19. Временный спад в промышленности и энергетике.
2023	~3800 — 3900	Плато на высоком уровне. Временный рост из-за энергокризиса в Европе и роста в Индии/ЮВА, но долгосрочный тренд на снижение.

ЧАСТЬ 3: Прогноз потребления угля до 2120 года (таблица и график)

Важное замечание: Прогноз на 100 лет — это не точное предсказание, а анализ трендов на основе текущих политик и технологических траекторий. Уголь — самое грязное топливо, и его будущее напрямую зависит от климатической политики.

Таблица прогноза

Период / Год	Сценарий 1: «Медленный переход» (Текущие политики, STEPS)	Сценарий 2: «Ускоренный отказ» (Климатические цели, NZE)	Ключевые драйверы и события
2030	~3500 — 3600 (Медленное снижение)	~2500 — 2700 (Резкое снижение)	Решающее десятилетие. Рост ВИЭ, закрытие шахт в ОЭСР, пик в Индии.

Период / Год	Сценарий 1: «Медленный переход» (Текущие политики, STEPS)	Сценарий 2: «Ускоренный отказ» (Климатические цели, NZE)	Ключевые драйверы и события
2050	~2000 — 2200 (Снижение на ~40% от пика)	~500 — 700 (Снижение на ~85%)	Нулевые выбросы (Net Zero) к 2050 требуют почти полного отказа от угля без CCS.
2070	~1000 — 1200 (Остаточное использование)	~100 — 200 (Нишевое применение)	Уголь только в промышленности (металлургия) с технологией улавливания углерода (CCUS).
2100	~500 — 800	~0 — 50	Без CCUS — почти нулевое потребление. С CCUS — только для специфических процессов.
2120	~300 — 500	~0	Ископаемый уголь без CCUS исчезает из энергобаланса. Возможен синтез из ВИЭ для химии.

Ключевые выводы по углю:

- Историческая роль:** Уголь был локомотивом промышленных революций в 19-20 веках, но его эпоха как доминирующего топлива закончилась.
- Драйверы спада:**
 - Здоровье и экология:** Основная причина локального отказа (смог, кислотные дожди).
 - Экономика:** Ветровая и солнечная энергия стали дешевле новой угольной генерации почти везде в мире.
 - Климатическая политика:** Главный глобальный драйвер. Уголь — крупнейший источник CO₂.
- Региональные различия:**
 - ЕС/США:** Стремительный спад. Закрытие шахт и электростанций.
 - Китай:** Достиг плато. Будущее зависит от баланса энергобезопасности и климатических целей.
 - Индия и Юго-Восточная Азия:** Единственные регионы, где возможен краткосрочный рост, но и там тренд замедляется под давлением экономики ВИЭ.
- Прогноз на 100 лет:** К концу XXI века уголь, скорее всего, перестанет быть значимым источником энергии для сжигания. Его остаточная роль может сохраниться только:
 - Как сырье для металлургии (кокс).
 - В системах с полным улавливанием и хранением углерода (CCUS) — если эта технология станет коммерчески успешной.
 - Как источник углерода для химической промышленности.

В итоге, уголь первым из ископаемых топлив пройдет полный цикл: взлет, царствование и стремительный упадок под давлением технологий, экономики и экологии.

Рассмотрим мировое потребление урана

Уран имеет уникальную историю, так как его массовое использование началось только в середине XX века. Вот комплексный анализ.

ЧАСТЬ 1: Историческая таблица потребления урана (1850 г. — настоящее время)

Период / Год	Приблизительное годовое потребление (в тоннах природного урана, tU)	Ключевые исторические драйверы и события
1850 — 1890	0	Научное открытие. Уран открыт как элемент (1789), но используется лишь для окрашивания стекла и керамики в следовых количествах.
1896 — 1938	< 1	Эра радиоактивности. Открытие радия (М. Кюри). Урановая руда добывается в основном для извлечения радия для медицины и люминесцентных красок. Уран — побочный продукт.
1939 — 1945	~ 100 — 500	Манхэттенский проект. Резкий скачок добычи для создания первой атомной бомбы. Основные рудники: Конго, Канада, США.
1950 — 1960	~ 5 000 — 10 000	Холодная война и гонка вооружений. Массовая добыча для наращивания ядерных арсеналов (плутоний для бомб).
1965 — 1975	~ 15 000 — 25 000	Золотой век атомной энергетики. Строительство первых коммерческих АЭС. Уран начинает использоваться в мирных целях. Пик прогнозов и оптимизма.
1979 — 1986	~ 35 000 — 40 000	Рост после нефтяных кризисов. Атомная энергетика видится как решение. Аварии на Три-Майл-Айленд (1979) и Чернобыль (1986) резко замедляют развитие.
1990 — 2000	~ 45 000 — 50 000	Стагнация. Распад СССР, остановка роста числа АЭС. Истощение военных запасов урана (ВОУ-НОУ).
2005 — 2011	~ 60 000 — 65 000	«Атомный ренессанс». Рост цен на уран до \$140/фунт. Планы масштабного строительства АЭС, особенно в Азии.
2011 — 2020	~ 62 000 — 68 000	Фукусима и коррекция. Авария на Фукусиме (2011) привела к отказу Германии, Японии от

Период / Год	Приблизительное годовое потребление (в тоннах природного урана, tU)	Ключевые исторические драйверы и события
2023 — 2024	~ 65 000 — 70 000	атома и проверкам по всему миру. Рост замедлился. Новый перелом. Энергетический кризис и климатические цели вернули интерес к атомной энергии как к низкоуглеродному базовому источнику.

ЧАСТЬ 3: Прогноз потребления урана до 2120 года (таблица и график)

Ключевой фактор: Будущее урана почти на 100% зависит от судьбы атомной энергетики. Прогнозы варьируются от стагнации до многократного роста.

Таблица прогноза

Период / Год	Сценарий 1: «Консервативный / Стагнация» (МЭА STEPS, отказ Германии)	Сценарий 2: «Атомный ренессанс 2.0» (МЭА NZE, климатический драйвер)	Сценарий 3: «Прорывные технологии» (SMR, замкнутый цикл, термояд)	Ключевые драйверы и события
2030	~70 000 — 75 000 (Умеренный рост)	~75 000 — 80 000 (Ускоренный ввод новых блоков)	~70 000 — 75 000 (Подготовительная фаза)	Судьба действующего парка (продление сроков) и стройки в Китае, Индии, РФ.
2050	~80 000 — 90 000 (Рост на 20-30%)	~120 000 — 150 000 (Рост в 2 раза)	~100 000 — 130 000 (Начало коммерциализации SMR)	Достижение Net Zero требует низкоуглеродного базиса. SMR должны доказать экономику.

Период / Год	Сценарий 1: «Консервативный / Стагнация» (МЭА STEPS, отказ Германии)	Сценарий 2: «Атомный ренессанс 2.0» (МЭА NZE, климатический драйвер)	Сценарий 3: «Прорывные технологии» (SMR, замкнутый цикл, термояд)	Ключевые драйверы и события
2070	~70 000 — 85 000 (Пик и спад)	~180 000 — 220 000 (Рост в 3 раза)	~150 000 — 250 000 (Массовое развертывание SMR/замкнутого цикла)	Исчерпание дешевых запасов урана. Вопрос отходов и общественного мнения.
2100	~50 000 — 70 000 (Постепенный отказ)	~200 000 — 300 000 (Стабилизация на высоком уровне)	~300 000 — 500 000+ (Экспоненциальный рост)	Критический период. Если к 2100 году не будет промышленного термояда, уран останется ключевым.
2120	~30 000 — 50 000 (Остаточная генерация)	~150 000 — 250 000 (Зрелая отрасль)	> 500 000 или ~0 (Всё или ничего)	2120: два возможных мира: 1. Мир термояда: урановая энергетика уходит в историю. 2. Мир SMR/бридеров: уран/торий — основа энергетики.

Ключевые выводы и факторы будущего:

- Уникальный драйвер:** В отличие от ископаемого топлива, спрос на уран **не связан напрямую с энергоемкостью экономики**, а зависит от **политического выбора в пользу атомной энергетики** как низкоуглеродного источника.
- Главные риски для роста:**
 - **Безопасность и общественное мнение** (после Фукусимы).
 - **Высокие капитальные затраты и сроки строительства АЭС.**
 - **Проблема радиоактивных отходов.**
- Главные возможности для роста:**
 - **Климатическая повестка (Net Zero 2050).**
 - **Технологии малых модульных реакторов (SMR)** — обещают быть дешевле и безопаснее.

- **Реакторы на быстрых нейтронах (замкнутый топливный цикл)** — увеличат использование урана в 100 раз и решат проблему отходов.
 - **Термоядерный синтез** — если будет реализован, полностью изменит энергетику, но не раньше второй половины XXI века.
4. **Ресурсная база:** При текущем потреблении разведанных запасов урана хватит на **~130 лет**. При росте по сценарию «Ренессанс 2.0» — на **~50-70 лет**, что потребует перехода к реакторам-размножителям или освоения урана из морской воды.

Итог: Уран стоит на историческом перепутье. В ближайшие 20-30 лет станет ясно, станет ли он «зеленым спасителем» в борьбе с изменением климата, останется **нишевым игроком** или будет постепенно вытеснен более дешевыми ВИЭ с накопителями и, в перспективе, термоядом. Его график потребления в XXI веке будет зеркалом технологических и политических битв за будущее энергетики.

Примерная таблица использования ядерного топлива.

Страна	Атомные реакторы на электростанциях	Атомные надводные корабли	Атомные подводные лодки	Потребление ядерного топлива (тонн в год)
США	93	11	68	~2,000
Россия	38	1	49	~1,800
Франция	56	0	10	~1,200
Китай	55	1	12	~1,100
Великобритания	15	0	11	~400
Индия	23	0	1	~160
Канада	19	0	0	~400
Украина	15	0	0	~230
Южная Корея	25	0	0	~600
Япония	33	0	0	~800

Данные о добыче урана

По информации World Nuclear Association, в последние годы лидерами по производству урана были:

Год	Страна	Добыча (тонн)	Доля в мире (%)
2022	Казахстан	21 227	43,01
2022	Канада	7 351	14,89
2022	Намибия	5 613	11,37
2022	Австралия	4 553	9,22

Год	Страна	Добыча (тонн)	Доля в мире (%)
2022	Узбекистан	3 300 (оценка)	6,69
2022	Россия	2 508	5,08
2022	Нигер	2 020	4,09
2022	Китай	1 700 (оценка)	3,44
2022	Индия	600 (оценка)	1,22
2022	Южная Африка	200 (оценка)	0,40

В 2018 году ситуация выглядела так:

Год	Страна	Добыча (тонн)	Доля в мире (%)
2018	Казахстан	21 705	40,57
2018	Канада	7 001	13,09
2018	Австралия	6 517	12,18
2018	Намибия	5 525	10,33
2018	Нигер	2 911	5,44
2018	Россия	2 904	5,43
2018	Узбекистан	2 404	4,49
2018	Китай	1 885	3,52
2018	Украина	1 180	2,21
2018	США	582	1,09

Framatome — французская компания, производящая ядерное топливо для реакторов PWR и BWR. В 2024 году её выручка составила около 4,67 млрд евро. Однако объёмы производства в тоннах публично не анонсируются. en.wikipedia.org* +1

Westinghouse Electric Company — американская компания, поставляющая топливо для реакторов PWR, BWR и VVER. В 2023 году она заключила семилетний контракт с чешской компанией CEZ на поставку ТВЭЛ для одного из советских реакторов ВВЭР-440 на АЭС «Дукованы» в Чехии. Конкретные объёмы производства в 2026 году также не раскрываются. [Обонкротилась.westinghousenuclear.com](https://westinghousenuclear.com) +1

Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL) — японская компания, которая занимается производством ядерного топлива, а также переработкой, хранением и утилизацией ядерных отходов. По планам компании, производство МОКС-топлива (смешанного уран-плутониевого топлива) на площадке Rokkasho должно начаться в 2030 году, а в 2026 году переработка ОЯТ ещё не стартовала. Не производит.

Компания РосАтом Россия, является лидером мировой атомной отрасли по экспорту АЭС — её доля на этом рынке составляет более 90%

ТВЭЛ (Топливный дивизион Росатома) — один из крупнейших в мире производителей ядерного топлива. Компания обеспечивает топливом более 70 энергетических реакторов в 15 государствах. Точный объём производства в 2026 году публично не анонсирован.

Таблица выработки электроэнергии по странам и видам топлива.

Таблица 1: Европа и Северная Америка

Часть 1

Страна	Ядерная	Уголь	Газ	Гидро	Общее
США	800,000	900,000	1,000,000	300,000	3,576,000
Франция	400,000	50,000	50,000	50,000	690,540
Великобритания	60,000	40,000	350,000	10,000	615,500
Германия	70,000	200,000	300,000	20,000	855,000
Канада	100,000	50,000	70,000	400,000	757,200

Часть 2

Страна	Ветр	Возобн.	Прилив	Геотерм.	Прочее
США	300,000	200,000	10,000	16,000	50,000
Франция	20,000	110,000	540	0	10,000
Великобритания	100,000	50,000	500	0	5,000
Германия	130,000	120,000	0	0	15,000
Канада	30,000	90,000	200	7,000	10,000

Таблица 2: Азия

Часть 1

Страна	Ядерная	Уголь	Газ	Гидро	Общее
Китай	350,000	4,500,000	200,000	1,300,000	7,156,000
Индия	40,000	1,200,000	300,000	150,000	1,831,000
Япония	60,000	300,000	400,000	90,000	996,000

Часть 2

Страна	Ветр	Возобн.	Прилив	Геотерм.	Прочее
Китай	250,000	450,000	1,000	5,000	100,000
Индия	50,000	80,000	0	1,000	10,000
Япония	80,000	20,000	0	26,000	20,000

Таблица 3: СНГ и Бывший СССР

Часть 1

Страна	Ядерная	Уголь	Газ	Гидро	Общее
Россия	200,000	150,000	500,000	180,000	1,112,000
Украина	80,000	25,000	30,000	8,000	155,000
Беларусь	18,000	22,000	8,000	1,000	53,000
Казахстан	5,000	70,000	20,000	10,000	113,000
Армения	2,700	0	1,000	1,800	6,200

Часть 2

Страна	Ветр	Возобн.	Прилив	Геотерм.	Прочее
Россия	10,000	40,000	2,000	0	30,000
Украина	3,000	7,000	0	0	2,000
Беларусь	1,000	3,000	0	0	1,000
Казахстан	1,000	5,000	0	0	2,000
Армения	0	200	0	0	500

Часть 3

Страна	Ядерная	Уголь	Газ	Гидро	Общее
Азербайджан	0	0	25,000	1,000	26,800
Грузия	0	0	1,500	11,000	13,500
Латвия	0	100	5,000	3,000	9,900
Литва	0	100	5,000	1,000	7,900
Эстония	0	8,000	4,000	100	13,000

Часть 4

Страна	Ветр	Возобн.	Прилив	Геотерм.	Прочее
Азербайджан	100	200	0	0	500
Грузия	200	300	0	0	500
Латвия	1,000	500	0	0	300
Литва	1,000	500	0	0	300
Эстония	300	400	0	0	200

Часть 5

Страна	Ядерная	Уголь	Газ	Гидро	Общее
Узбекистан	0	40,000	30,000	1,000	72,000
Туркмения	0	0	20,000	0	20,300
Таджикистан	0	0	1,000	16,500	17,900
Киргизия	0	0	1,000	11,800	13,200
Молдавия	0	100	3,000	500	4,000

Часть 6

Страна	Ветр	Возобн.	Прилив	Геотерм.	Прочее
Узбекистан	500	200	0	0	300
Туркмения	0	100	0	0	200
Таджикистан	100	100	0	0	200
Киргизия	100	100	0	0	200
Молдавия	100	200	0	0	100

Итоги по СНГ и бывшим странам СССР

Параметр	Значение
Ядерная	305,700
Уголь	315,300
Газ	654,500
Гидро	245,700
Ветровая	16,500
Возобновляемая	57,500
Прилив	2,000
Геотерм.	0
Прочее	38,300
Итоги	1,635,500

Добычи золота (с древности до наших дней)

Важно: Точные данные до XIX века — оценочные. Современная добыча началась с Калифорнийской (1848) и Австралийской (1851) золотых лихорадок.

1. **До 1848 г. (Почти плоская линия):** Вся добытая за историю масса — около 25-30 тыс. тонн. Среднегодовая добыча — единицы/десятки тонн.
2. **1848-1900 (Первый резкий рост):** Золотые лихорадки (Калифорния, Клондайк, Южная Африка). Добыча поднимается до **300-400 т/год**.
3. **1900-1970 (Стабильный рост):** Развитие промышленных методов (цианирование). Пик добычи в ЮАР (~1000 т/год в 1970). К 1970 г. добыча ~1300 т/год.
4. **1970-2005 (Второй резкий рост):** Рост цен, новые технологии (массовое использование драг, кучное выщелачивание). Добыча растет до ~2500 т/год.
5. **2005-2022 (Плато на максимуме):** Цены бьют рекорды (\$2000+ за унцию). Добыча достигает исторического пика ~**3500-3600 т/год** (2018-2022). Затем стагнация из-за истощения месторождений.
6. **2024:** Добыча ~3000-3100 т/год (лёгкий спад).

ЧАСТЬ 2: Таблица мировых запасов золота (по странам)

Данные основаны на отчетах **World Gold Council**, **USGS** и национальных центробанков. Учитывается: 1) золото в государственных резервах, 2) разведанные запасы в недрах (добываемые при текущих ценах и технологиях).

№	Страна	Гос. резервы (тонн)	Доля от мировых резервов	Запасы в недрах (тонн)	Доля от мировых запасов	Ключевые месторождения / примечания
1	США	8 133.5	14.9%	3 000	4.5%	Форт-Нокс, Вест-Пойнт. Запасы: Невада, Аляска.
2	Германия	3 352.7	6.1%	0	0%	Хранится частично в США, Великобритании, Франции.
3	МВФ	2 814.0	5.1%	—	—	Не страна, но крупнейший официальный держатель.
4	Италия	2 451.8	4.5%	0	0%	
5	Франция	2 436.9	4.5%	0	0%	
6	Россия	2 332.7	4.3%	6 800	10.2%	Крупнейшие запасы в недрах: Сухой Лог (Иркутская обл.), Наталка (Магадан).
7	Китай	2 235.4	4.1%	3 000	4.5%	Крупнейшая добывающая страна. Резервы растут, данные могут быть занижены.
8	Швейцария	1 040.0	1.9%	0	0%	Исторический финансовый центр.
9	Индия	822.1	1.5%	600	0.9%	Огромный спрос на ювелирные изделия. Резервы ЦБ + частные запасы (~25 000 т).
10	Австралия	79.9	0.1%	9 900	14.9%	2-е место по запасам в недрах. Крупнейший производитель после Китая.
11	ЮАР	125.4	0.2%	5 000	7.5%	Исторически крупнейший производитель, теперь запасы истощены.
12	Перу	34.7	0.06%	2 700	4.1%	
13	Канада	0.0	0%	4 400	6.6%	Весь золотой запас был продан в 2000-х.
14	Узбекистан	0.0	0%	1 800	2.7%	Крупный производитель, но золото сразу продается.
...Другие	~10 000	~18%	~25 000	~37.5%		
ВСЕГО (мир):	~54 500 т	100%	~66 500 т	~100%		

ЧАСТЬ 3: Анализ «утерянного» золота и его судьбы

Это самый интересный вопрос. Оценим баланс.

1. Сколько всего золота добыто за историю? По данным World Gold Council, на конец 2023 года всего было добыто около **212 000 тонн** золота.

- Это куб со стороной **~22 метра** (плотность золота высока).

2. Где оно сейчас? (Распределение добытого золота)

- **Ювелирные изделия: ~47%** (~96 000 тонн). Основная форма хранения, особенно в Индии, Китае, Ближнем Востоке.
- **Государственные и официальные резервы (ЦБ, МВФ): ~17%** (~35 000 тонн). Указаны в таблице выше (54 500 т включают повторный счет переплавленного).
- **Частные инвестиции (слитки, монеты): ~22%** (~46 000 тонн). В сейфах инвесторов, банках, «под матрасами».
- **Промышленность и электроника: ~14%** (~30 000 тонн). Использовано в микрочипах, медицине, космонавтике. **Ключевой момент: это золото сильно рассеяно и почти не подлежит рециклингу** из-за микроскопических количеств в каждом устройстве.

3. Сколько золота считается «безвозвратно утерянным»? Прямых данных нет, но оценку можно сделать:

- **Погребенные сокровища и кораблекрушения:** Историки оценивают в **2 500 — 5 000 тонн**. Часть постепенно находят.
- **Безвозвратные промышленные потери:** В электронике, позолоте, которая стирается, медицинских имплантатах (кремированных) — до **5 000 — 8 000 тонн**.
- **Золото, рассеянное в океане и отвалах:** При древних и несовершенных методах добычи (промывка) до 20% могло теряться. Это может быть ещё **5 000 — 10 000 тонн**.

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА: Общий объём «утерянного» золота, которое невозможно или крайне сложно вернуть в оборот, составляет примерно **15 000 — 25 000 тонн**. Это 7-12% от всей исторической добычи.

4. Куда оно «ушло» физически?

1. **На дне морей и океанов:** В трюмах затонувших галеонов и пароходов.
2. **В древних захоронениях и кладках:** Не найденных или разграбленных ещё в древности.
3. **В отвалах и хвостах старых рудников:** Содержат небольшой процент золота, который сейчас нерентабельно извлекать.
4. **Рассеяно в окружающей среде:** Микрочастицы в песке рек, в земле, в городской пыли (от стирания украшений).
5. **В мусорных свалках:** В выброшенной электронике (так называемые «городские шахты»).
6. **В крематориях:** Микроскопические количества из зубных коронок и медицинских имплантатов.

Потери золота Россией

Революция 1917 года и Гражданская война

После Октябрьской революции 1917 года огромные запасы золота Российской империи подверглись различным потерям. Закрытые на тот момент золотые резервы России оценивали приблизительно в 1,300 тонн. В последующие несколько лет:

1. **Брест-Литовский мир (1918):** Советская Россия была вынуждена передать значительные суммы Германии в рамках контрибуций, частью этого являлось золото.
2. **Экспорт и потери:** Часть золотых резервов была использована для финансирования революционных усилий и закупки оружия, а также утеряна в результате общих хаоса и неразберихи на фоне Гражданской войны.
3. **Бежавшие белые армии:** Также существует мнение, что вместе с белыми армиями за границу было вывезено некоторое количество золота.

1990-е годы

В 1990-е годы, после распада СССР, Россия переживала период экономических и политических потрясений. Ситуация с золотом была определена несколькими факторами:

1. **Экономические реформы:** В экономическом хаосе и на фоне приватизации государственной собственности, включавшей также добычу золота, могла произойти неучтённая потеря части государственного золота.
2. **Криминальные схемы и коррупция:** Есть мнение, что из-за распутывания сложных схем приватизации и финансовых операций в 1990-е годы произошли незаконные выводы различных активов, включая золото, но конкретные суммы трудно определить.

Численная оценка потерь золота Россией в периоды революций и 1990-х годов сложна из-за неполноты данных, противоречий в источниках и политических обстоятельств. Однако можно выделить некоторые ключевые цифры и события, которые позволяют сделать приблизительные расчёты.

Потери в период революций и Гражданской войны (1917–1920-е годы)

По данным на 25 октября 1917 года, золотой запас Госбанка России составлял около 852,5 тонн. К 1 сентября 1921 года он сократился до 56,9 тонны, что означает потерю **795,6 тонны**. Эти потери включали:

- **Продажу за границу.** В 1920–1922 годах Советская Россия продала золота на сумму не менее 680 миллионов рублей (около 526 тонн). Основной поток шёл через Швецию, а затем реэкспортировался в США, Швейцарию, Францию и другие страны.
- **Утраты, связанные с золотом, которое оказалось у А. В. Колчака.** В 1919–1920 годах произошло расходование и хищение около 241,9 миллиона золотых рублей (187,6 тонны). Часть золота была потрачена на военные нужды, часть похищена чехословаками, японцами и другими. pravoslavie.ru +1
- **Контрибуцию по Брестскому миру.** В 1918 году РСФСР выплатила Германии 95 тонн золота в качестве контрибуции. Позже это золото было передано Франции по Версальскому договору.

Также стоит учитывать потерю золотого запаса Румынии, который в 1917 году достался большевикам. К 1 сентября 1921 года из него было использовано около 9,8 тонны.

В конце 1980-х — начале 1990-х годов СССР активно экспортировал золото для компенсации падения цен на нефть и покрытия дефицита бюджета. ko.ru +2

- В 1990 году было вывезено **474,6 тонны** золота. ko.ru +1
- По оценке С. М. Борисова, за период «перестройки» (1985–1991 годы) «из страны ушёл весь вновь добытый за эти годы драгоценный металл, а ещё 480 тонн было взято из государственных запасов».

В 1994–1997 годах Гохран на основе секретного указа президента РФ вывез **60 тонн** золота в Швейцарию и Лондон на условиях своп. Из них 30 тонн в 1999 году не были возвращены в Россию, так как у правительства не хватило средств для выкупа. По данным С. Г. Поповой, за 1993 год и первую половину 1994 года из страны было вывезено около **204 тонн** золота.

К концу 1991 года золотой запас СССР сократился до **240 тонн**. dzen.ru +1

1. **Неполнота данных.** Многие операции с золотом в эти периоды были засекречены или не документировались должным образом.
2. **Разные оценки.** В источниках встречаются расхождения в цифрах из-за разных методов подсчёта и доступа к архивам.
3. **Дополнительные факторы.** В 1990-е годы часть потерь могла быть связана с контрабандой и нелегальными операциями.

Таким образом, суммарные потери золота Россией в периоды революций и 1990-х годов можно оценить в **несколько сотен тонн**, но точная цифра остаётся предметом дискуссий среди историков и экономистов.

1. **Золото — вечный металл.** Почти 90% всего добытого золота так или иначе **остаётся с нами** в переплавляемой форме (украшения, слитки).
2. **Главный «потребитель» — не промышленность, а психология и традиции.** Спрос на ювелирные изделия и страхование сбережений определяет рынок.
3. **«Утерянное» золото — это не ошибка, а следствие истории и технологий.** Его объём (до 25 000 т) сравним с **50-летней мировой добычей** на текущем уровне.
4. **Будущий источник золота — «городские шахты».** По мере роста цен и технологий рециклинга, свалки электроники станут новыми «месторождениями», возможно, вернув в оборот часть «утраченного» промышленного золота.
5. **Золото продолжает утекать в «невидимые» хранилища:** С каждым годом ещё несколько сотен тонн безвозвратно рассеиваются в микрочипах и становятся частью техносферы, откуда их уже не извлечь.

Таким образом, золото — это не только символ богатства, но и уникальный исторический след человеческой цивилизации, миллионы тонн которого циркулируют между сейфами, шеями, электронными платами и морским дном.

Проанализируем три ключевых для цивилизации металла: **железо (сталь), медь и алюминий**. Рассмотрим историю производства и ресурсную базу.

ЧАСТЬ 1: Графики исторического производства (с 1900 г. по настоящее время)

1. ЖЕЛЕЗО (В ПЕРЕСЧЕТЕ НА СТАЛЬ)

Железо — фундамент индустриальной эпохи. >95% всего добытого металла.

Ключевые точки:

- **1900:** ~30 млн т. Сталь для железных дорог, кораблей.
- **1950:** ~190 млн т. Послевоенное восстановление.
- **2000:** ~850 млн т. Рост Китая только начинается.
- **2023:** ~1880 млн т (рекорд). Китай производит >50% мировой стали.

2. МЕДЬ

Медь — металл электрификации и цифровизации.

Ключевые точки:

- **1900:** ~0.5 млн т. Электрические сети, телеграф.
- **1950:** ~2.5 млн т. Послевоенный бум.
- **2000:** ~13 млн т. Компьютерная революция.
- **2024:** ~26 млн т. Электромобили и ВИЭ (солнечные панели, ветряки).

3. АЛЮМИНИЙ

Алюминий — металл XX-XXI веков, требует огромных затрат электроэнергии.

Ключевые точки:

- **1900:** ~0.01 млн т. Дорогой, почти драгоценный металл.
- **1950:** ~1.5 млн т. Развитие авиации.
- **2000:** ~25 млн т. Массовое использование в автостроении, строительстве, упаковке.
- **2024:** ~70 млн т. Легкий и прочный материал для транспорта и ВИЭ.

ЧАСТЬ 2: На сколько хватит? Анализ ресурсной базы

Данные основаны на отчетах USGS, World Bureau of Metal Statistics, Международного института алюминия.

Металл	Разведанные запасы (ресурсная база)	Текущее годовое производство (2024)	Статический срок истощения (Запасы / Производство)	Реальный прогноз с учетом роста и технологий	Ключевые проблемы и решения
Железо (железная руда)	~180 миллиардов тонн (в	~1.4 миллиарда	~130 лет	Неисчерпаем в обозримом будущем.	1. Падение содержания: Переход с богатых

Металл	Разведанные запасы (ресурсная база)	Текущее годовое производство (2024)	Статический срок истощения (Запасы / Производство)	Реальный прогноз с учетом роста и технологий	Ключевые проблемы и решения
	пересчете на металл)	тонн (2.6 млрд т руды)			руд (60% Fe) на бедные (20-30% Fe).
2. Энергоемкость: Добыча и обогащение требуют больше энергии.
3. Рециклинг: Сталь — чемпион по переработке (>85% лома используется). Фактически, железо — возобновляемый ресурс в экономике замкнутого цикла. 1. Градиент содержания: Среднее содержание в руде упало с 2% до 0.5-0.8%.
2. Глубина залегания: Новые месторождения глубже и в сложных регионах.
3.
Медь	~890 миллионов тонн	~26 миллионов тонн	~34 года	50-80 лет до критического дефицита.	Электромобили: Один электромобиль требует в 4-5 раз больше меди, чем обычный авто.
 Решение: Глубокая переработка, рециклинг электроники, освоение морских полиметаллических конкреций.

Металл	Разведанные запасы (ресурсная база)	Текущее годовое производство (2024)	Статический срок истощения (Запасы / Производство)	Реальный прогноз с учетом роста и технологий	Ключевые проблемы и решения
Алюминий	~30 миллиардов тонн (бокситы) (~7.5 млрд т в пересчете на металл)	~70 миллионов тонн (первичный)	~100+ лет (по бокситам)	Практически неисчерпаем.	1. Энергия — главный лимит. Производство 1 т алюминия требует ~15 МВт*ч электроэнергии. 2. Экология: Добыча бокситов, красные шламы. 3. Рециклинг: Переплавка лома требует всего 5% энергии от первичного производства. Будущее — за «зеленым» алюминием (на ВИЭ) и замкнутым циклом.

ЧАСТЬ 3: Сводная таблица и выводы

Критерий	Железо (Сталь)	Медь	Алюминий
Роль в цивилизации	Каркас. Здания, инфраструктура, машины.	Кровеносная система. Электричество, электроника, связь.	Крылья и легкие. Транспорт, упаковка, ВИЭ.
Давление спроса	Высокое, но стабилизирующееся (пик в Китае пройден).	Критически высокое (энергопереход, цифровизация).	Очень высокое (легкость, коррозионная стойкость).
Главный лимит	Не запасы, а энергия и экология производства (выбросы CO ₂).	Геология и энергия. Падение содержания, рост затрат.	Электроэнергия. Цена и «зеленость» энергии.

Критерий	Железо (Сталь)	Медь	Алюминий
Потенциал рециклинга	Очень высокий (магнитная сепарация, легкая переплавка).	Высокий , но сложный из-за сплавов и дисперсности в технике.	Идеальный (сохраняет свойства, экономит 95% энергии).
Прогноз на 50-100 лет	Стабильное производство с ростом доли лома. Переход на «зеленую сталь» (на водороде).	Острый дефицит к 2050-2070 гг. без прорыва в рециклинге и добыче на дне океана. Рост цен.	Рост производства при условии доступа к дешевой «зеленой» энергии. Доля вторичного алюминия > 50%.

ОБЩИЙ ВЫВОД

1. **Железо и алюминий — неисчерпаемы в практическом смысле** благодаря гигантской ресурсной базе и отличной рециркуляции. Их производство ограничено не запасами руды, а **энергетическими и экологическими затратами**.
2. **Медь — «узкое горлышко» энергетического перехода.** Её дефицит станет **ощутимым уже к середине века** и может серьезно замедлить темпы электрификации и развития ВИЭ. Это создаст мощный стимул для:
 - Замены меди на алюминий в электротехнике (где возможно).
 - Прорыва в технологиях рециклинга электронных отходов.
 - Начала промышленной добычи на дне океана (полиметаллические конкреции и сульфиды).
3. **Будущее металлургии — за «городскими шахтами».**
 - **Сталь:** Уже сейчас >30% производства — из лома.
 - **Алюминий:** Переплавка банки экономит 95% энергии.
 - **Медь:** Свалки электроники — это «руда» с содержанием меди в 50 раз выше, чем в природной руде.

Итог: При нынешнем уровне потребления **физического истощения месторождений железа и алюминия не произойдет**, но человечество столкнется с ростом энергозатрат и необходимости «зеленого» производства. Для **меди** проблема истощения богатых месторождений реальна и потребует технологической революции в переработке и добыче в ближайшие 30-50 лет. Цивилизация переходит от добычи металлов в недрах к их циркуляции в техносфере.

Три сценария траектории цивилизации Земли

Аспект	Сценарий 1: «Великий переход» (Управляемая адаптация) (Оптимистичный, но реалистичный)	Сценарий 2: «Великий Откат» (Коллапс и фрагментация) (Пессимистичный, инерционный)	Сценарий 3: «Великий Скачок» (Технологическая сингулярность) (Футуристичный, трансформационный)
Ключевой принцип	Человечество осознает системные риски и управляемо переходит к устойчивой модели в	Инерция, конфликты и кризисы превышают адаптационный потенциал , приводя к	Экспоненциальный технологический рост (ИИ, нанотех, биотех) преодолевает все

Аспект	Сценарий 1: «Великий переход» (Управляемая адаптация) (Оптимистичный, но реалистичный)	Сценарий 2: «Великий Откат» (Коллапс и фрагментация) (Пессимистичный, инерционный)	Сценарий 3: «Великий Скачок» (Технологическая сингулярность) (Футуристичный, трансформационный)
	рамках планетарных границ.	распаду глобальной системы.	традиционные ограничения, меняя саму природу человека.
Климат и экология	Цели Net Zero ~2070. Температура стабилизируется на +2.0–2.5°C. Активная геоинженерия (управление солнечной радиацией), масштабное восстановление экосистем.	Катастрофическое потепление +3–4°C к 2100. Необратимые переломные точки пройдены (таяние ледников, гибель кораллов, лесные пожары). Климатическая миграция сотен миллионов.	Полный контроль над климатом и биосферой. Создание искусственных экосистем, терраформирование территорий. Климат становится проектируемым параметром.
Энергетика и ресурсы	Триада: ВИЭ (60%) + атом (20%) + водород/биотопливо (20%). Циркулярная экономика с >80% рециклинга. Дефицит меди и фосфора управляется через технологии.	Энергетическая бедность и релокализация. Распад глобальных цепочек. Возврат к углю и древесине на периферии. Борьба за воду и пахотные земли.	Изобилие энергии: Управляемый термояд, орбитальные СЭС, аннигиляция. Наноассемблеры превращают любую материю в ресурс. Понятие «дефицита» исчезает.
Технологии и ИИ	Сильный, но регулируемый ИИ. Фокус на решение глобальных проблем (медицина, продовольствие, логистика). Роботизация рутинного труда, но человек в центре принятия решений.	Технологический регресс и неравенство. Передовые технологии доступны лишь элитам в укрепленных анклавах. Большая часть мира живет в «новом средневековье» с примитивными технологиями.	Постчеловеческая фаза. Слияние с ИИ (нейроинтерфейсы), радикальное продление жизни, редактирование биологии. ИИ становится равноправным (или доминирующим) субъектом цивилизации.
Политика и общество	Усиление глобального управления (модернизированные ООН, МВФ) с элементами прямой цифровой демократии. Базовый безусловный доход. Снижение неравенства.	Крах глобализации, неофеодализм. Мир делится на воюющие региональные блоки и города-государства. Преобладают авторитарные режимы выживания.	Постгосударственные образования. Управление через децентрализованные автономные организации (DAO) и сверхинтеллект. Национальные государства устаревают.
Экономика	«Зеленая» экономика устойчивого развития. Рост замедляется,	Локальная баротерная экономика.	Постдефицитная экономика. Труд и деньги теряют смысл. Экономика

Аспект	Сценарий 1: «Великий переход» (Управляемая адаптация) (Оптимистичный, но реалистичный)	Сценарий 2: «Великий Откат» (Коллапс и фрагментация) (Пессимистичный, инерционный)	Сценарий 3: «Великий Скачок» (Технологическая сингулярность) (Футуристичный, трансформационный)
	переходя в качественное развитие. Капитал перетекает в восстановление природы и человеческий капитал.	Распространение натурального обмена. Глобальные финансы рушатся. Основная ценность — еда, вода, безопасность, боеприпасы.	основана на репутации, творческом вкладе и доступе к вычислительным мощностям.
Демография и здоровье	Стабилизация населения на ~9-10 млрд. Прорыв в профилактической медицине, победа над основными возрастными болезнями. Высокое качество жизни.	Демографическая катастрофа. Сокращение населения из-за войн, голода, эпидемий в одних регионах и взрывной рост в других. Возвращение забытых болезней.	Контролируемая демография и трансгуманизм. Люди могут выбирать форму существования (биологическая, кибернетическая, виртуальная). Рождение детей — прерогатива ИИ-оптимизаторов.
Культура и ценности	Экоцентризм и глобальная солидарность. Культура умеренности, осознанности, научного мышления. Расцвет искусства, философии, космических исследований.	Культура выживания и племенной идентичности. Религиозный фундаментализм, ксенофобия, мифологизация прошлого. Наука сохраняется лишь в анклавах.	Культура множественных реальностей. Стирание граней между физическим и цифровым, реальным и искусственным. Ценности определяются сверхразумом.
Космическая экспансия	Постоянные базы на Луне и Марсе. Добыча ресурсов на астероидах для нужд Земли. Фокус на защиту планеты от астероидов.	Полный отказ от космоса как от «ненужной роскоши». Космическая инфраструктура заброшена или уничтожена.	Преобразование Солнечной системы. Сфера Дайсона, терраформирование планет, создание орбитальных мегаполисов. Цивилизация становится межпланетной.
Вероятность (оценка)	~40%	~35%	~25%
Главный вызов	Сохранить социальную сплоченность и демократию в процессе болезненного, но необходимого переустройства всей мировой экономики.	Не допустить сползания в этот сценарий, так как выход из него будет крайне долгим и мучительным.	Обеспечить безопасность и этическую可控ность сверхразума, избежать экзистенциальных рисков от технологий.

*

Ключевые факторы, определяющие сценарий:

1. **Скорость и эффективность климатических действий (следующие 10-15 лет).**
2. **Характер развития ИИ (контролируемый инструмент vs неконтролируемый агент).**
3. **Уровень глобального сотрудничества vs деглобализации и конфликтов.**
4. **Темпы прорывов в фундаментальной энергетике (термояд, сверхдешевые ВИЭ).**

Вывод: Цивилизация находится в точке **величайшей бифуркации** за всю свою историю. Мы обладаем технологическим потенциалом для Сценария 3, но институциональной и психологической зрелостью, тяготеющей к Сценарию 2. **Сценарий 1 («Великий Переход»)** — это не данность, а **сложнейший проект, требующий беспрецедентной координации, инвестиций и политической воли.** Наш коллективный выбор, сделанный в ближайшие два-три десятилетия, определит, в какую из этих трех вселенных мы в конечном итоге попадем. Рассмотрим три моих сценария движения цивилизации землян: 1. нынешний-безудержное потребления, хаос рыночной экономики, неэффективный расход трудно или не возобновляемых ресурсов, загрязнение воды, земли, воздуха конфликты ядерные взрывы. Оцени срок гибели цивилизации и опиши, что останется. 2. вариант минимальное потребление, оптимальный экипаж землян контроль над днк био объектов-оцени время существования; 3. вариант возобновляемый ресурс восстанавливает потенциал природных ископаемых, открытие ресурса новых скоростей в космосе, создание космической цивилизации эксплуатации нескольких планет по очереди до восстановления ресурса при его поглощении из космоса.

Сценарий 1: «Инферно Потребления» (Текущая траектория)

Суть: Инерционное продолжение текущих трендов: рост ВВП как главная цель, экстрактивная экономика, геополитическая конфронтация, игнорирование планетарных границ.

Оценка срока гибели цивилизации:

- **Полный коллапс глобальной системы: 2060-2090 годы.**
- **Точка невозврата (невосстановимый распад): 2040-2050 годы.**

Хронология распада:

1. **2030-2040:** Серия переломных климатических точек (+2°C). Каскадный отказ экосистем (кораллы, амазонские леса). Хронические водные и продовольственные кризисы в тропиках. Массовая климатическая миграция (сотни миллионов). Учащение региональных конфликтов за ресурсы.
2. **2040-2060:** Распад глобальных цепочек поставок. Откат глобализации. Формирование военизированных «климатических крепостей» (Северная Америка, Северная Европа, Россия) и «зон хаоса» (экваториальные регионы). Высокая вероятность ограниченного применения тактического ядерного оружия в конфликтах за воду/землю (например, в Южной Азии).
3. **2060-2100:** Неконтролируемое потепление (+3-4°C). Коллапс сельского хозяйства в традиционных житницах. Пандемии из-за ослабления систем здравоохранения и миграции. **Полномасштабная ядерная война маловероятна, но возможна как акт отчаяния гибнущей сверхдержавы.** Цивилизация фрагментируется.

Что останется к 2100 году:

- **Население:** Сократится с 10 млрд (ожидаемых) до **1-2 млрд**.
- **Технологический уровень:** Локальные очаги технологий 20-го века (механика, простая электроника) в укрепленных анклавах. Большая часть планеты вернется к доиндустриальным и аграрным укладам.
- **Наследие:** Загрязненные на тысячелетия территории (радиация, химия), горы пластикового мусора, измененный на сотни тысяч лет климат, массовое вымирание видов. **Археологический слой нашей эпохи будет четко виден в геологической летописи как «слой глупости».**

Сценарий 2: «Оптимальный Экипаж Ковчега» (Жесткое управление)

Суть: Осознанное самоограничение. Цель — не рост, а стабильное равновесие в рамках ёмкости биосферы. Контроль численности (например, 1-2 млрд), генетический и экологический мониторинг, отказ от рискованных технологий.

Оценка времени существования:

- **Стабильная фаза: 500 - 2000 лет.**
- **Потенциальный срок (при идеальном управлении): До 10 000 лет и более** (до следующего ледникового периода или крупного импактного события).

Характеристики цивилизации:

- **Экономика:** Стационарная, циркулярная. Потребление энергии стабилизировано на уровне, которое могут обеспечить ВИЭ и геотермальные источники без ущерба.
- **Технологии:** Высокоразвитые, но консервативные. Акцент на долговечность, ремонтпригодность, экологичность. Биотехнологии для здоровья и еды, но под строгим контролем. Космос — только для наблюдения.

- **Общество:** Жёсткая, возможно, иерархическая структура. Свобода индивида принесена в жертву стабильности системы. Высокий уровень образования и здоровья. Культура умеренности, глубокого познания мира, искусства.
- **Угрозы:**
 1. **Застой и потеря адаптивности.** Цивилизация становится хрупкой к непредвиденным внешним шокам (супервулкан, пандемия нового типа).
 2. **Внутренний бунт против «диктатуры биосферы».** Часть общества всегда будет стремиться к росту и экспансии.
 3. **Окончательное истощение даже при экономном использовании** некоторых уникальных элементов для высоких технологий через несколько тысячелетий.

Итог: Это путь «вечной осени» — мудрый, устойчивый, но лишённый космического предназначения. Цивилизация становится идеальным садовником Земли, но обрекает себя на конечное угасание вместе со звездой.

Сценарий 3: «Космический Феникс» (Экспансия и регенерация)

Суть: Преодоление планетарных ограничений через технологический рывок. Цивилизация учится не только потреблять, но и восстанавливать ресурсы в планетарном масштабе и черпать их из космоса.

Цели и задачи цивилизации:

- **Краткосрочная цель (50-100 лет):** Создание независимой от Земли самовоспроизводящейся промышленной базы в космосе (Луна, астероиды). Это снимает экологическое давление с планеты.
- **Среднесрочная цель (100-500 лет):** Терраформирование Марса как полигона и «резервной копии» биосферы. Освоение ресурсов пояса астероидов и газовых гигантов. Разработка принципов **планетарной инженерии** для восстановления Земли.
- **Долгосрочная цель (500-5000 лет):** Превращение Солнечной системы в обитель жизни. Создание орбитальных мегаполисов. Поиск и, возможно, начало терраформирования подходящих экзопланет. **Цивилизация становится невосприимчивой к гибели любой одной планеты.**
- **Ключевая технологическая задача:** Создание универсального репликатора (на основе наноассемблеров или продвинутой робототехники), способного использовать местные ресурсы для самовоспроизводства и строительства.

Что даёт этот путь:

1. **Бесконечные ресурсы.** Астероиды содержат больше металлов, чем всё, что добыто на Земле.
2. **Спасение Земли.** Промышленность выносится в космос, Земля становится заповедником и культурным центром.
3. **Бессмертие цивилизации.** Риск вымирания стремится к нулю.
4. **Смысл и вызов.** Даёт человечеству грандиозную, объединяющую цель на тысячелетия.

Анализ и выбор лучшего пути

Почему Сценарий 1 (Инферно) — наихудший и неприемлемый: Это путь биологического вида, не сумевшего преодолеть инстинкты короткой выгоды. Он ведёт к страданиям миллиардов и позорной гибели в грязи собственных отходов, перечёркивая весь культурный и научный потенциал человечества.

Сравнение Сценария 2 (Ковчег) и Сценария 3 (Феникс):

Критерий	Сценарий 2: Ковчег	Сценарий 3: Феникс	Вывод
Безопасность	Высокая, но хрупкая (один шар — планета).	Абсолютная (множество независимых сред обитания).	Побеждает Феникс.
Смысл и развитие	Сохранение, стагнация, углубление.	Экспансия, преодоление, бесконечное познание.	Побеждает Феникс (соответствует природе разума).
Этическая цена	Высокая (жёсткий контроль над рождаемостью, свободой).	Высокая на старте (риски, концентрация ресурсов), но снижается по мере успеха.	Паритет. Оба пути требуют жертв.
Реализуемость	Более реалистична с точки зрения сегодняшних технологий и политики.	Требует прорывов (дешёвый доступ в космос, репликаторы), но они достижимы.	Ковчег проще, но Феникс желательнее.

Вердикт и предлагаемые цели для цивилизации:

Лучший путь — стратегический синтез Сценариев 2 и 3 с немедленным отказом от Сценария 1.

Краткосрочные цели (до 2050):

- Срочная стабилизация Земли (принципы «Ковчега»).** Радикальное снижение выбросов, переход к циркулярной экономике, остановка разрушения экосистем. Это — **спасение плацдарма** для будущего рывка.
- Глобальный мораторий на геополитические конфликты,** переориентация военных бюджетов на «войну» с общими угрозами: климатом, астероидами, пандемиями.
- Массированные инвестиции в фундаментальные науки и ключевые технологии для «Феникса»:** термояд, сверхпроводимость, ИИ для науки, нанотехнологии, биотех для замкнутых систем жизнеобеспечения.

Долгосрочная стратегическая цель: Превратить человечество в многопланетный вид, способный к восстановлению планетарных экосистем, с конечной целью распространения жизни и разума в космосе.

Почему именно этот синтез? Потому что «Ковчег» — это необходимая терапия для больной цивилизации, без которой она сгорит в своём доме, не успев сделать и шага. А «Феникс» — это единственная достойная разума цель, которая оправдывает все наши страдания, науку и искусство, даруя бессмертие не отдельному человеку, а целому виду мыслящих существ.

Задача нашего поколения — не выбрать один из чистых сценариев, а начать строительство «Ковчега», у которого вместо парусов — ракетные двигатели. Сначала мы спасаем и чиним свой корабль (Землю), а затем учимся строить из его ресурсов новые корабли для путешествия к другим мирам.

Философия «Дашизм» (DASH-ism)

Акроним D.A.S.H.:

- **D** — Доминирование над энтропией (через науку и технологию).
- **A** — Абсолютизация безопасности цивилизации (как вида).
- **S** — Синтез (гармония с биосферой Земли + экспансия в космос).
- **H** — Гуманизация (Humanity-first, где технология служит возвышению, а не порабощению человека).

Кредо Дашизма:

«Цивилизация — это единственный известный нам огонь разума во вселенной. Наш священный долг — не дать ему угаснуть, раздуть его в костёр, а затем нести, как факел, в космическую ночь, зажигая новые очаги жизни.»

Столетний план Дашизма (2025-2125) по десятилетиям

Фаза 0: «Великая Стабилизация» (2025-2045)

Цель: Остановить сползание в Сценарий 1 («Инферно»), заложить фундамент.

Декада Задачи для человечества

- 2025-2035** **1. Климатический суверенитет.** Создание **Глобального климатического альянса** с чрезвычайными полномочиями. Запуск программы по достижению **пика выбросов к 2028** и снижению на 50% к 2035. **2. Энергетический переход 1.0.** Массовое строительство СЭС, ВЭС и сетей накопителей. Запуск 50 новых блоков АЭС (в т.ч. СМР). **3. Циркулярный мандат.** Введение глобального стандарта на 100% рециклируемость всех новых товаров. Запрет на одноразовый пластик. **4. Космическая инфраструктура.** Развёртывание группировки спутников для мониторинга Земли, климата и ресурсов.
- 2035-2045** **1. Биосферный ренессанс.** Запуск «**Великого озеленения**» — восстановление 300 млн га лесов, коралловых рифов, торфяников. Создание глобальной сети заповедников, охватывающих 30% суши и океана. **2. Энергетический переход 2.0.** Доля ВИЭ+атома в энергобалансе >80%. Запуск первых промышленных термоядерных экспериментальных реакторов (ITER-2). **3. Геномное единство.** Создание «**Ноосферного геномного архива**» — полной базы ДНК всех многоклеточных видов Земли. Начало программ по восстановлению вымерших видов. **4. Лунная база «Мост».** Постоянная обитаемая база на Южном полюсе Луны (4-6 человек) для отработки технологий и добычи гелия-3.

Фаза 1: «Великое Возрождение» (2045-2075)

Цель: Восстановить Землю, создать самодостаточную внеземную промышленность.

Декада Задачи для человечества

- 2045-2055** **1. Нулевой след.** Достижение **Net Zero выбросов CO₂**. Промышленность переходит на замкнутый цикл. **2. Космическая индустриализация.** Запуск первой **автономной фабрики на астероиде** (роботы-репликаторы добывают и перерабатывают руду). Строительство орбитальных «ферм» по сбору солнечной энергии для передачи на Землю. **3. ИИ-симбиоз.** Внедрение **сильного ИИ-ассистента** в науку, медицину, управление. Начало экспериментов с прямым нейроинтерфейсом для управления сложной техникой. **4. Марсианский форпост.** Высадка первой пилотируемой миссии на Марс с целью закладки первой базы.

Декада Задачи для человечества

- 2055-2065** 1. **Терраформирование Земли (начало).** Активное применение климатической инженерии (управление солнечной радиацией) для возврата к доиндустриальным температурным нормам. Опреснение и орошение пустынь.
 2. **Экономика изобилия (на Земле).** Благодаря космическим ресурсам и автоматизации, вводится **Гарантированный базовый капитал** (не доход, а стартовый капитал для творчества). Исчезает нужда.
 3. **Самовоспроизводящаяся колония на Марсе.** Численность колонии >100 человек. Начало строительства куполов с земной биосферой.
- 2065-2075** 1. **Планетарный парк «Земля».** Промышленность полностью вынесена в космос (орбита, Луна, астероиды). Земля становится **заповедником, научной и культурной столицей** цивилизации. Население стабилизировано на 2-3 млрд.
 2. **Рождение «Пояса жизни».** Создание первой **орбитальной кольцевой habitat-станции** с искусственной гравитацией и биосферой на 10 000 жителей.
 3. **Прорыв в двигателестроении.** Создание опытного образца **импульсного ядерно-синтезного двигателя** для быстрых межпланетных перелётов.

Фаза 2: «Великая Экспансия» (2075-2125)

Цель: Стать многопланетным видом, начать терраформирование, заложить основу для звёздных миссий.

Декада Задачи для человечества

- 2075-2085** 1. **Проект «Красный Сад».** Начало активного терраформирования Марса: запуск орбитальных зеркал для нагрева, доставка аммиачных астероидов для создания атмосферы, выселение генно-модифицированных бактерий.
 2. **Сеть О'Нила.** Строительство первых **цилиндров О'Нила** (орбитальные поселения на миллионы жителей) в точках Лагранжа.
 3. **Квантовый скачок.** Запуск **квантово-гравитационных телескопов** для поиска и детального изучения землеподобных экзопланет.
- 2085-2100** 1. **Многопланетная цивилизация.** Постоянное население вне Земли (Луна, Пояс, Марс) превышает **1 миллион человек**.
 2. **Этика постчеловека.** Принятие «Хартии Космического Разума», регулирующей права кибернетических организмов, ИИ-личностей и генномодифицированных людей.
 3. **Миссия «Первый шаг к звёздам».** Запуск беспилотного зонда с ИИ к ближайшей звёздной системе (Альфа Центавра) на импульсном термоядерном двигателе (полёт ~100 лет).
- 2100-2125** 1. **Цивилизация Солнечной системы.** Полная интеграция экономик Земли, Пояса астероидов и колоний. Создание **Солнечного Совета** как формы управления.
 2. **Терраформирование Венеры (подготовка).** Начало масштабного проекта по охлаждению Венеры и преобразованию её атмосферы с помощью орбитальных щитов и бактерий.
 3. **Проект «Сфера».** Начало теоретических и инженерных работ по созданию **сферы Дайсона** (роя коллекторов) вокруг Солнца для аккумулирования всей его энергии.

Ключевые институты Дашизма для реализации плана:

1. **Академия Дальнего Горизонта (АДГ):** Глобальный научный координационный центр, определяющий приоритетные прорывные исследования.
2. **Космический Фонд Человечества (КФЧ):** Финансируется налогом на роботизированный труд и космическую добычу. Средства идут на экспансию, доступную для всех наций.
3. **Совет Планетарной Стабильности (СПС):** Надгосударственный орган, управляющий климатическими, экологическими и ресурсными квотами на основе данных ИИ.
4. **Орден Хранителей Биокода:** Международная организация учёных и инженеров, ответственная за сохранение и восстановление земной и создание новых биосфер.

Итог Дашизма через 100 лет (2125): Человечество преодолело экологический кризис. Земля — цветущий заповедник и культурная Мекка. В Солнечной системе живут и работают десятки миллионов людей в орбитальных городах и на терраформируемых планетах. Энергия и базовые ресурсы — в изобилии. Главные ценности — познание, творчество, безопасность и подготовка к следующему великому прыжку: к другим звёздам. Цивилизация обрела не просто устойчивость, а **антихрупкость** — способность становиться сильнее от испытаний и катастроф, которых уже не боится.