



**«Создание пилотной производства 500 тонн в год  
рафинированного металлургического кремния Si 99,99% для  
нужд солнечной энергетики»**



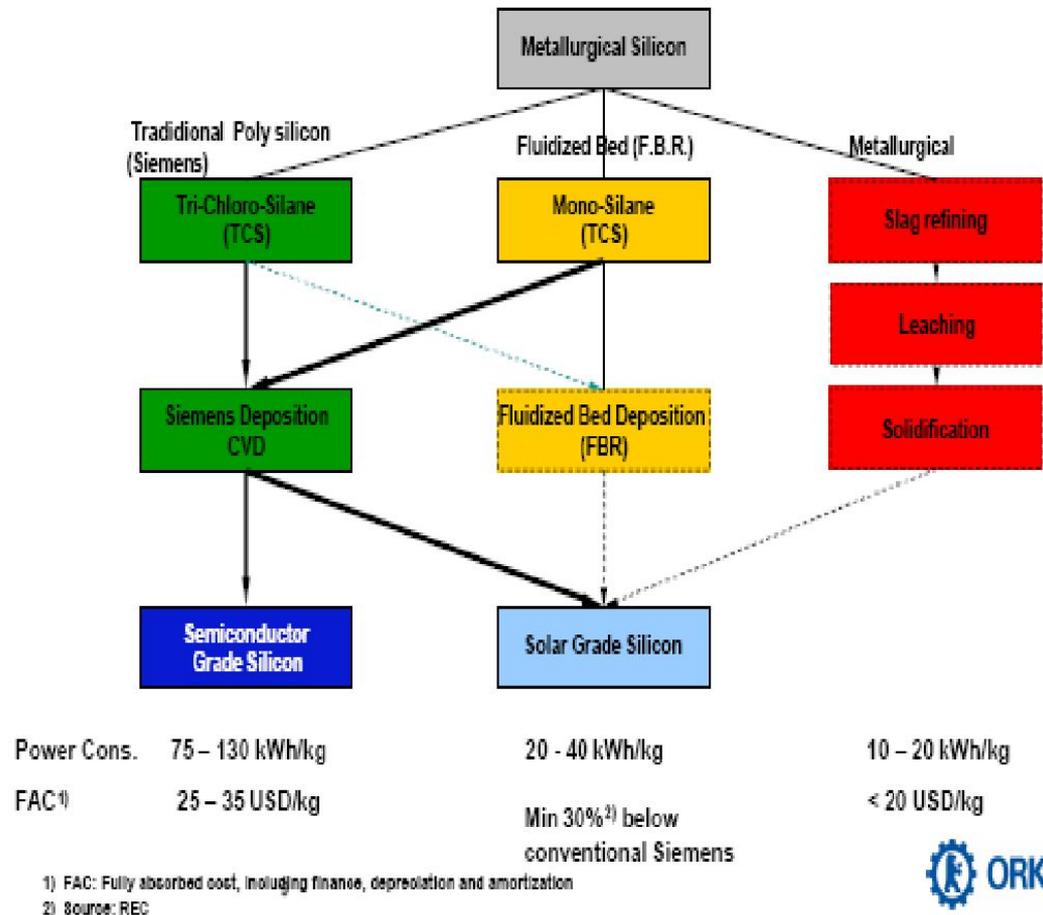
**Цель проекта:**

1. Отработка технологии и производство не менее 500 тонн в год рафинированного кремния UMG Si 99,99%;
2. Международная сертификация рафинированного металлургического кремния, кремния солнечного качества и солнечных элементов на основе UMG Si.



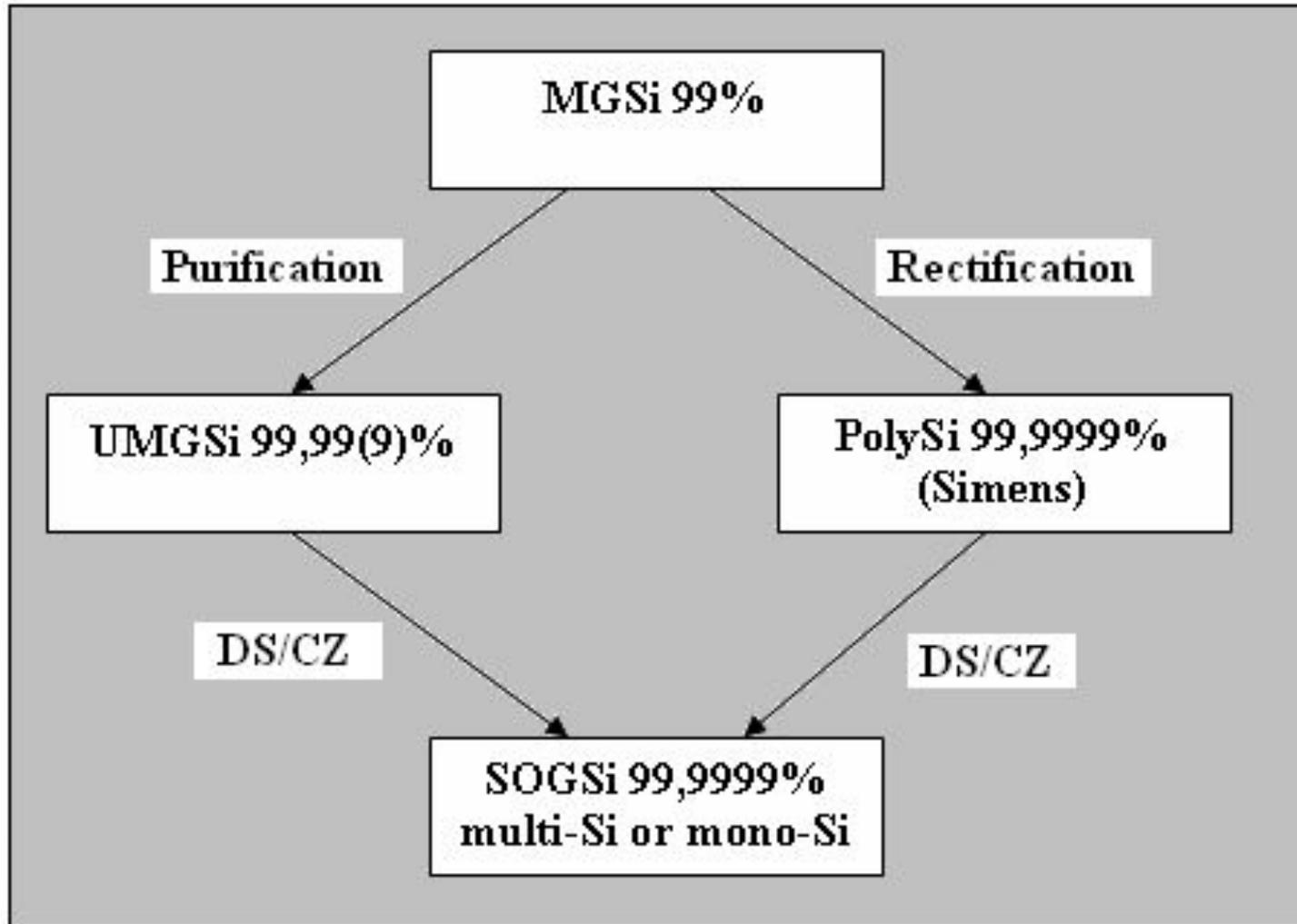
# Технологии производства кремния для солнечной энергетики

- Основной технологией производства кремния солнечного качества является получение ТХС и осаждение в Сименс реакторах. Себестоимость **45-50 USD/kg**
- Перспективной технологией производства кремния солнечного качества является получение моносилана и осаждение в FBR реакторах «кипящего слоя». Себестоимость **30-35 USD/kg**.
- Прорывной технологией производства кремния солнечного качества является рафинирование металлургического кремния, без стадии получения поликремния. Себестоимость **5-10 USD/kg**.





## UMGSi vs. PolySi





## Siemens process vs UMGSi process (Казахстан)

	Lancaster Group	KazSilicon
Продукция	Поликремний	UMGSi
Производство	<b>2 500 т в год</b>	<b>10 000т в год</b>
Стоимость проекта	<b>\$389 млн.</b>	<b>Проект US\$23 million</b>
Технология	Германия. Сименс процесс	Казахстан. Инновационная,
Персонал	Требуются обученные специалисты	Персонал обучен и имеет опыт производства
Аналоги	Hemlock (США), Wacker (Германия) и др.	Dow Corning (США), Elkem (Норвегия) и др.
Энергопотребление	> 130 МВт/тонна	13 МВт/тонна
Основное сырье	Зависимость от поставок MGSi и хлора.	Имеет собственное м-е кварца
Безопасность	Ядовитое и взрывоопасное	Пожароопасное
Стадия	Подготовлена тех. документ Вложено \$11,9 млн. (2009г)	Требуется \$3 млн. для промышленного внедрения
Сроки запуска	2-3 года	1 год
Себестоимость	\$45kg	\$4,5kg
Цены 2010	\$54kg	\$36kg
Состояние рынка	Насыщен	Ценовое преимущество



## UMGSi Project 2009

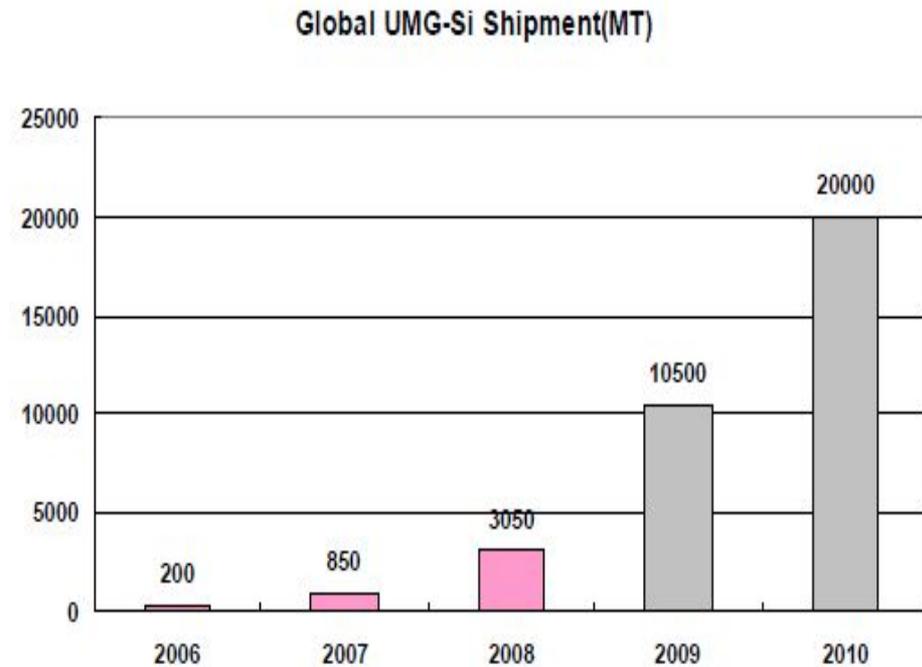
### UMG-Si project

- Timminco (Canada)
- Elkem Solar (Norway Kristiansand)
- Dow Corning (US)
- Globe Specialty Metals (US Ohio)
- ARISE Technologies (Canada Ontario)
- 6N Silicon (Canada Ontario)
- JFE Steel (Japan Kurashiki)
- NS Solar Material (Japan Fukuoka)

### UMG-Si project China

- Yiyang Jingxin (Hunan Yiyang)
- HongKong Hongqiao Group
- Shanghai ProPower Renewable Energy
- Nanan Sanjing (Fujian Nanan)
- Yinxing Polysilicon (Ningxia Wuzhong)
- JACO SOLARSI (Fujian Xiamen)
- Nanyang Green Silicon

### UMG-Si Shipment Roadmap in Y06 -Y10



Source: JACO estimates



## Потенциальные производители UMGSi

Компании	Cost	Finance	Production	2010 - 2012	Partner
Timminco (Canada)	\$31 kg	\$46,7M	2008 - 342 т 2009 – 1 200 т	\$93M 14 400 т ?	<b>18.02.10</b> 2010 – 2014 90 000 т
Dow Corning® PV-1201 (USA)	<\$15/kg	?	2009 3 000 т	10 000 т	?
Globe Specialty Metals, Inc (USA)		\$25M	360 т	<b>24.11.09</b> \$60M 4 000 т	BP Solar
Elkem Solar Silicon® (Norway)	\$20/kg?	\$650M	<b>21.08.09</b> 2 500 т	6 000 т	Q-Cells 6 600 т
Fesil SOLSILC® (Norway)	\$20 kg	€4.7 M	<b>23.02.09</b> 100 т	10 000т	Deutsche Solar



## Timminco (Канада)

Timminco имеет долгосрочные контракты на поставку кремния до 2010 года.

- **Q-Cells** - 9 000 т
- **Canadian Solar** - 6 000 т
- **Solar Power** - 4 000 т
- **CaliSolar** - 1 700 т
- **Photowatt** – 1200 т

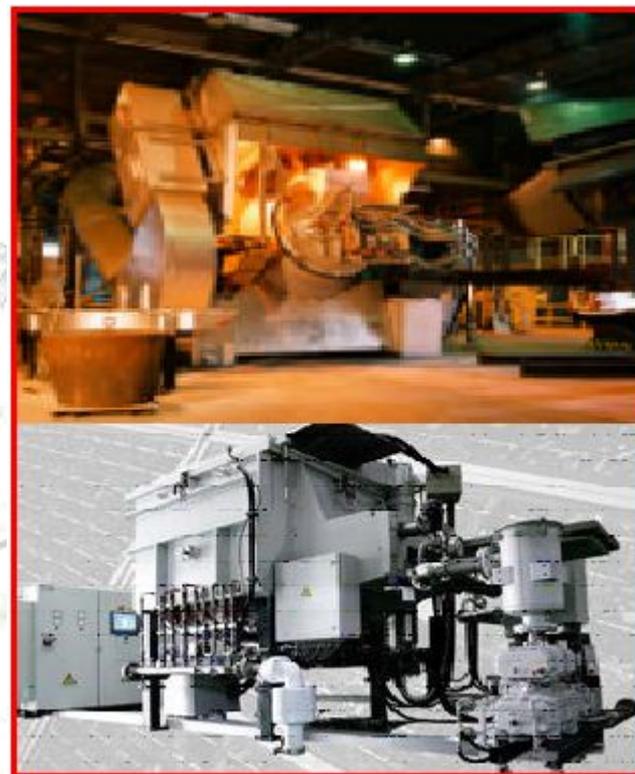
19 компаний тестируют кремний

Себестоимость \$30 kg

Контрактная стоимость на 2009 год составляет **36** долларов США за кг кремния.

18 февраля 2010 Timminco объявила о новом долгосрочном контракте на поставку **90 000 тонн** кремния в течение **2010 – 2014 г.г.**

### Дополнительное оборудование



Rotary drum furnace and Unidirectional solidification with electromagnetic stirring

4Q08	1Q09	2Q09	3Q09	4Q09
\$65/kg	\$62/kg	\$51/kg	\$39/kg	\$36/kg



## Timminco vs Kz UMGSi

Кремний годный для солнечной энергетики	Timminco - 5N	Kz UMGSi – 4N
Новый завод	14 400 тонн год	10 000 тонн в год
Затраты	Проект US\$93 million	Проект US\$23 million
Процесс	<p>Дорогой и сложный:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•silicon furnace,</li> <li>•rotary drum furnace (RD)</li> <li>•Unidirectional solidification (UDS) with electromagnetic stirring</li> <li>•RD2 - UDS2,</li> <li>•RD3 - UDS3</li> <li>•RD4 - UDS4</li> </ul>	<p>Простой:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•silicon furnace,</li> </ul>
Потребление э/энергии	min 150 MW/т	15MW/т
Дополнительные материалы	\$3kg	нет
Затраты на рафинирование	\$10-24kg	\$0,1kg
Примеси в монокремнии	B 0,6 – 1,5 ppm, P 0,75 - 2,0 ppm	B 0,9 ppm, P 0,3 ppm
Себестоимость	US\$30	< US\$5



## Elkem Solar

21-Aug-2009 **Elkem** объявил о долгожданном открытии нового завода по производству UMG Si производительностью до 6 000 тонн в год и стоимостью порядка US\$650 million (NOK 4 billion).

Status completed plant



Silicon furnace



Pyro - crushing



Hydro



Solidification



Post treatment



Infrastructure



## Elkem vs Kz UMGSi

UMG Si	Elkem Solar Silicon® - 6N?	Kz UMGSi – 4N
Производительность	<b>6 000 тонн год</b>	<b>10 000 тонн в год</b>
Затраты	<b>US\$650 million</b>	<b>Проект US\$23 million</b>
Энергозатраты	Не менее 200 МВт/т	Менее 20 МВт/т
Процесс	5 стадий.	1 стадия.
Для получения монокремния требуется:	Elkem Solar Silicon® - 33% + поликремний – 67%	Kz UMGSi - 100%
Примеси в получаемом монокремнии	B - 0,4 ppm, P – 1,0 ppm	B - 0,9 ppm, P – 0,3 ppm
Удельное сопротивление	>0,5 ohm/cm	0,4 – 0,8 ohm/cm
Время жизни	Не менее 10 мксек	8 - 20 мксек
Цель	Получить монокремний из Elkem Solar Silicon® - 100% без добавок	Получить СЭ на основе Kz UMGSi - 100% без монокремния
Себестоимость	>US\$30 кг	< US\$5 кг

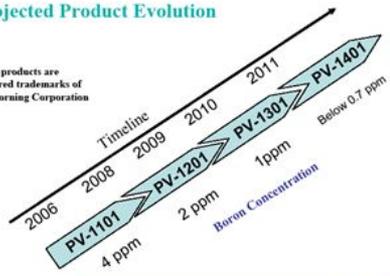


## Сравнительные характеристики UMGSi процессов

	Dow Corning® PV-1201	Elkem Solar Silicon®	Fesil Solsilc-process	Photosil	Timminco UMGSi - 5N	Kz UMGSi – 4N
Производство	1 000 тонн	6 000 т	2012 г - 10 000т	200 т	14 400 т ?	5 000 т
Процесс	?	R&D \$11M 5 стадий	100 т - 4.7 М€, 7 стадий	R&D \$11M 4 стадий	3 стадии Повтор 4 раза	1 стадия
SOGSi	50% PV-1201 + 50% EGSi	33% Solar Silicon® + 67% EGSi	25%SOLSIC +75%EGSi	SOGSi -100%	SOGSi - 100%	SOGSi - 100%
Примеси в SOGSi	B - 0,5 ppm, P – 1,0 ppm	B - 0,4 ppm, P – 1,0 ppm	B - 1,0 ppm, P – 1,5 ppm	B - 2,9 ppm, P – 5,5 ppm	B - 0,5 ppm, P – 1,7 ppm	B - 0,9 ppm, P – 0,3 ppm
Себестоимос ть	<\$15/kg	US\$20-30	\$20 kg	<\$25 kg	\$15-30kg	< US\$5

### Projected Product Evolution

All PV products are registered trademarks of Dow Corning Corporation



Starting MG-Si B impurity (ppmw)	Boron Impurities (ppmw)			
	Iteration 1	Iteration 2	Iteration 3	Iteration 4
30.00	11.11	4.12	1.52	0.56
40.00	14.81	5.49	2.03	0.75
50.00	18.52	6.86	2.54	0.94

Source: Timminco patent and Veritas calculations



## Преимущества новой технологии

1. Сокращенный технологический цикл без энергоемкого и дорогостоящего Сименс процесса;
2. Себестоимость UMG Si 99,99%, годного для получения стандартного моно- и мультикремния в 10 раз меньше поликремния и не превышает \$5 кг;
3. Капзатраты в 100 раз меньше чем для Сименс процесса, применение стандартного металлургического оборудования;
4. Энергопотребление в 10 раз меньше чем для Сименс процесса.
5. Возможность использования UMG Si 99,99% для получения солнечных элементов без стадии производства моно- и мультикремния;



Кварц



Металлургический кремний



Поликремний



Монокремний и пластины



Солнечные элементы и модули



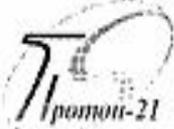
## Предпосылки успешной реализации проекта



- Технология производства UMGSi отработана на промышленном оборудовании металлургического комбината «KazSilicon»
- Качество UMGSi подтверждено в международных лабораториях США, Японии, Германии и Украины;
- На промышленном оборудовании завода «Астра-КХМЗ» (Кыргызстан) получен монокристаллический кремний солнечного качества;



# Международная сертификация Kz UMGSi

	USA 	Japan 	Germany 	Germany 	USA 	Ukraine 	
method	RFA Analyse	RFA Analyse	RFA Analyse	GDMS Analyse	GDMS Analyse	ICPMS Finnigan ELEMENT GD	
Conc/ ppm	KZ UMG Si	KZ UMG Si	KZ UMG Si	KZ UMG Si	KZ UMG Si	KZ UMG Si	KZ Single Crystal
B	15	12	< 10	19,21	15	13,1268	0,920
P	41	27	40	19,98	31	15,439	0,320
Fe	1305	680	130	224,2	220	65,0443	0,126
Al	312	64	10	9,75	10	3,6331	0,002
Ca	526	29	80	17,06	18	6,2261	0,049
Na	5		-	0,079	0,15	0,4302	0,002
Mg	11		-	1,100	1,1	2,3182	n/o
Cl	-		-	0,336	< 0,05	0,002	0,002
Ti	78	41	-	k. A.	11	0,006	0,006
V	25		-	0,543	0,7	0,3334	0,060
Si (%)	99,75	99,95	<99,9%	99,97	99,97	99,99%	99,9999





## Подтверждена возможность получения монокристаллического кремния солнечного качества



Получен кремний 6N - **Si 99,9999%**;  
Монокристаллическая структура;  
удельное сопротивление 0,4-0,8  
ом/см;  
Время жизни 4-20 мкс



**ASTRA**



## Необходимое основное оборудование

Оборудование	Производительность	Стоимость	Производитель
Печь карботермическая 1500кВа	1 000 т/год	0,7 млн. USD	Китай
Система рафинирования	1 000 т/год	0,05 млн. USD	Спецзаказ
Печь Чохральского Редмет 10 б/у	3 т/год	0,05 млн. USD	Кыргызстан
Печь DS б/у	3 т/год	0,05 млн. USD	Франция?

## Штатное расписание подготовительного этапа

	Должность	ФИО	Оклад
1	Директор		\$4 000
2	Зам директора по производству		\$3 000
3	Главный технолог		\$3 000
4	Зам директора по маркетингу		\$2 000
5	Главный бухгалтер		\$2 000



## **Финансовые показатели проекта**

### **Требуемое финансирование подготовительного этапа (6 месяцев)**

Основное оборудование – 700 тысяч USD

Вспомогательное оборудование - 150 тысяч USD

Административные расходы – 50 тысяч USD

З/плата АУП - 80 тысяч USD

Командировочные расходы 20 тысяч USD

### **Требуемое финансирование технологического этапа (3 месяца)**

Расходы на закупку сырья и материалов 320 тысяч USD

З/плата АУП и рабочего персонала 70 тысяч USD

Командировочные расходы 10 тысяч USD

### **Требуемое финансирование эталонного этапа (3 месяца)**

Оплата услуг сторонним организациям – 30 тысяч USD

З/плата АУП - 40 тысяч USD

Командировочные расходы 10 тысяч USD



## Финансовые показатели проекта

### Смета затрат

- Требуемое финансирование в размере **2,2 млн. долларов США**
- Основное оборудование – 900 000 долларов США
- Услуги международных организаций, включая рост моно- и мультикремния, получение солнечных элементов и модуля, сертификация готовой продукции - 100 000 долларов США
- Оборотные средства – 1 142 173 долларов США
- Число работников – до 50 человек.
- Цена реализации готовой продукции за 1 тонну:
- Кремний металлургический 99,9% 500 тонн - 3 доллара США;
- Кремний рафинированный кусковой 99,99% 500 тонн - 20 долларов США;

### Финансовая модель проекта 1 – 5 год:

• Дисконтная ставка	10%	15%	20%
• NPV	7 813 235	4 442 723	2 542 137 долларов США
• IRR	40%		
• PBP	15 месяцев		
• PI	1.66		



## **Перспективы развития проекта UMGSi 500 в Казахстане**

1. Приобретение действующего завода ТОО МК «KazSilicon» 5000 тонн в год с расширением до 10 000 т и м-е хорошего жильного кварца с запасами 1 700 000 т. Стоимость порядка \$25М(?)
2. Приобретение нового завода в г. Шымкент 3 000 тонн в год и м-е кварцитов плохого качества 250 тыс.тонн. Стоимость порядка \$5М.
3. Строительство нового завода 10 000 тонн в год и приобретение нового м-я высокочистого жильного кварца. Стоимость порядка \$25М.

## **Перспективы развития проекта солнечные модули**

1. Запуск пилотной линии 20 МВт (Голландия) получения литьевых пластин. Снижение себестоимости 50%. Стоимость порядка \$5М.
2. Запуск пилотной линии 15 МВт (Германия) получения СЭ на основе UMGSi. Снижение себестоимости 30%. Стоимость порядка \$12М.
3. Запуск пилотной линии 10 МВт (США) по сборке модулей с полимерным покрытием. КПД не менее 15%. Снижение себестоимости 30%. Стоимость порядка \$3М.