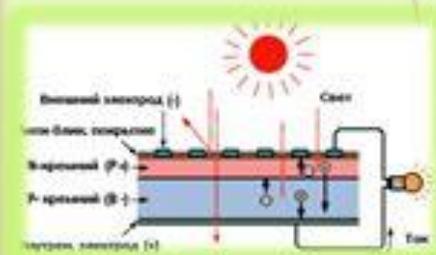


**Худжандский Государственный Университет имени
академика Бабаджана Гафурова**

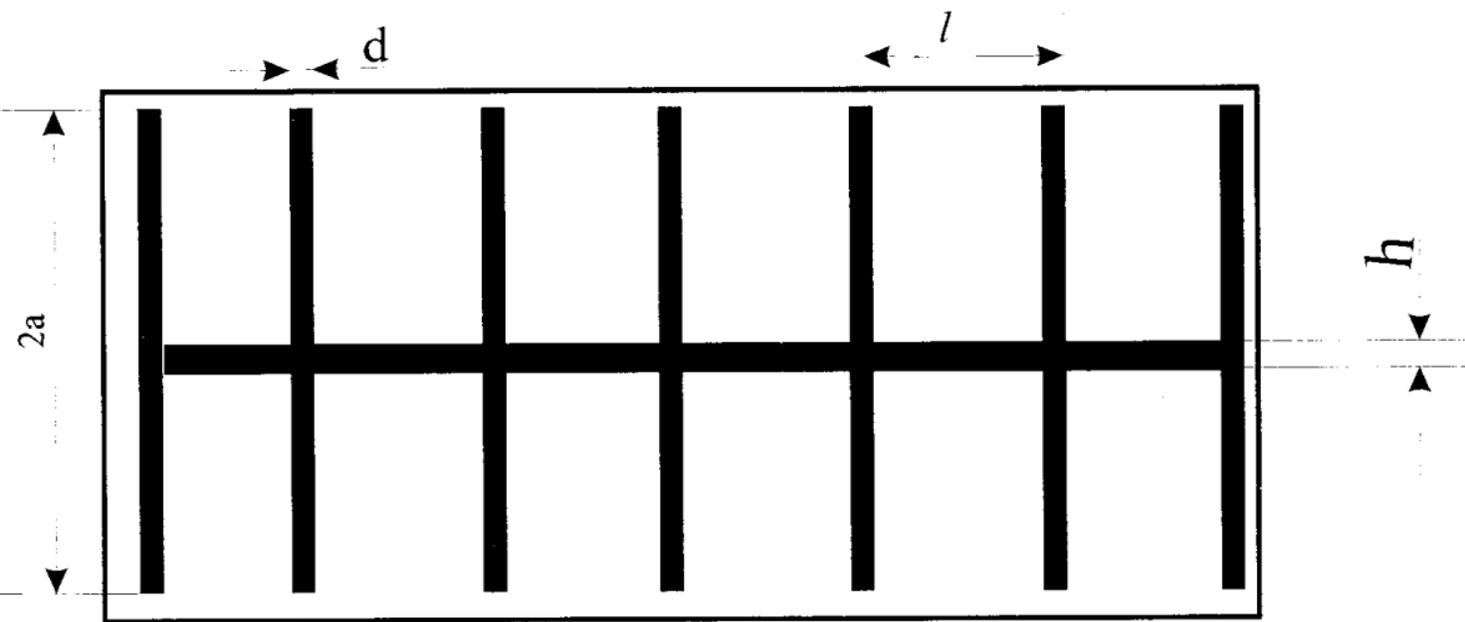


**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ И ТЕПЛОВОЙ
ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО КРЕМНИЯ**

Кадыров А.Л.

- Глобальный характер роста энергопотребления сопровождается быстрым истощением традиционных сырьевых энергетических ресурсов, что делает актуальным увеличение объемов использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) .
- Один из разновидностей ВИЭ-прямое преобразование солнечной энергии в электричество, так называемый, фотоэлектрический метод на основе фотовольтаического эффекта в полупроводниковых структурах с p-n-переходом , является важнейшим из других известных методов прямого преобразования солнечной энергии, запас которой практически неистощим.
- Не меньший интерес проявляется в последнее время к преобразованию нефотоактивной части солнечного излучения, а также геотермального тепла и тепла нагретых тел, имеющими гораздо меньший масштаб практического применения, термоэлектрическим и тепловольтаическим методами .
- Основным полупроводниковым материалом для получения «солнечного электричества» является кремний, уступающий по значению предельного теоретического КПД, например, сплавам на основе арсенида галлия, но имеющий неоспоримые преимущества в освоенности и стоимостным показателям.

Таджикистан является не только перспективным рынком сбыта фотоэлектрической продукции в силу своих погодно-климатических условий, но и страной, имеющей мощные сырьевые ресурсы для выплавки технического кремния (ТК) и собственные наработки в этой области техники, заключающиеся в переделе полученного ТК в литой ПК и изготовления солнечного элемента (СЭ) и преобразователей тепловой энергии (ПТЭ) на их основе.



Фронтальная контактная сетка СЭ из ВЛПК и р-п-переход

h - ширина контактной шины; d - ширина полосы;

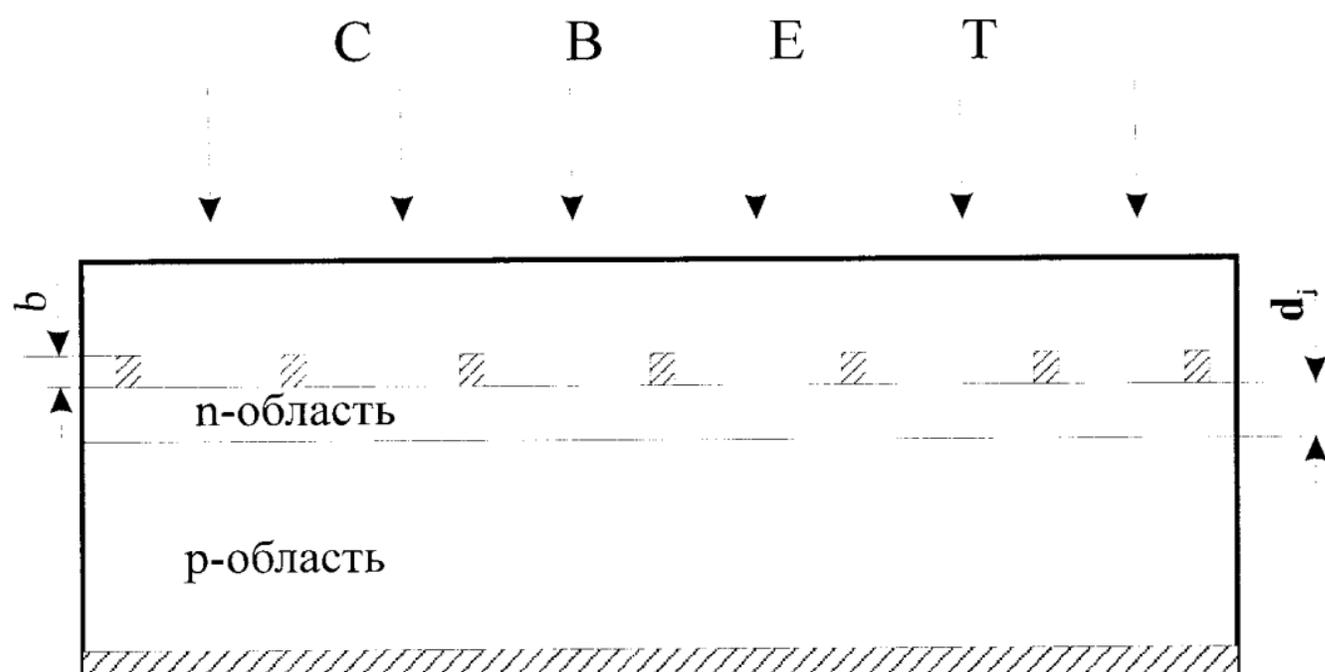
l - расстояние между полосами;

b - высота (толщина полосы);

$2a$ - длина полосы;

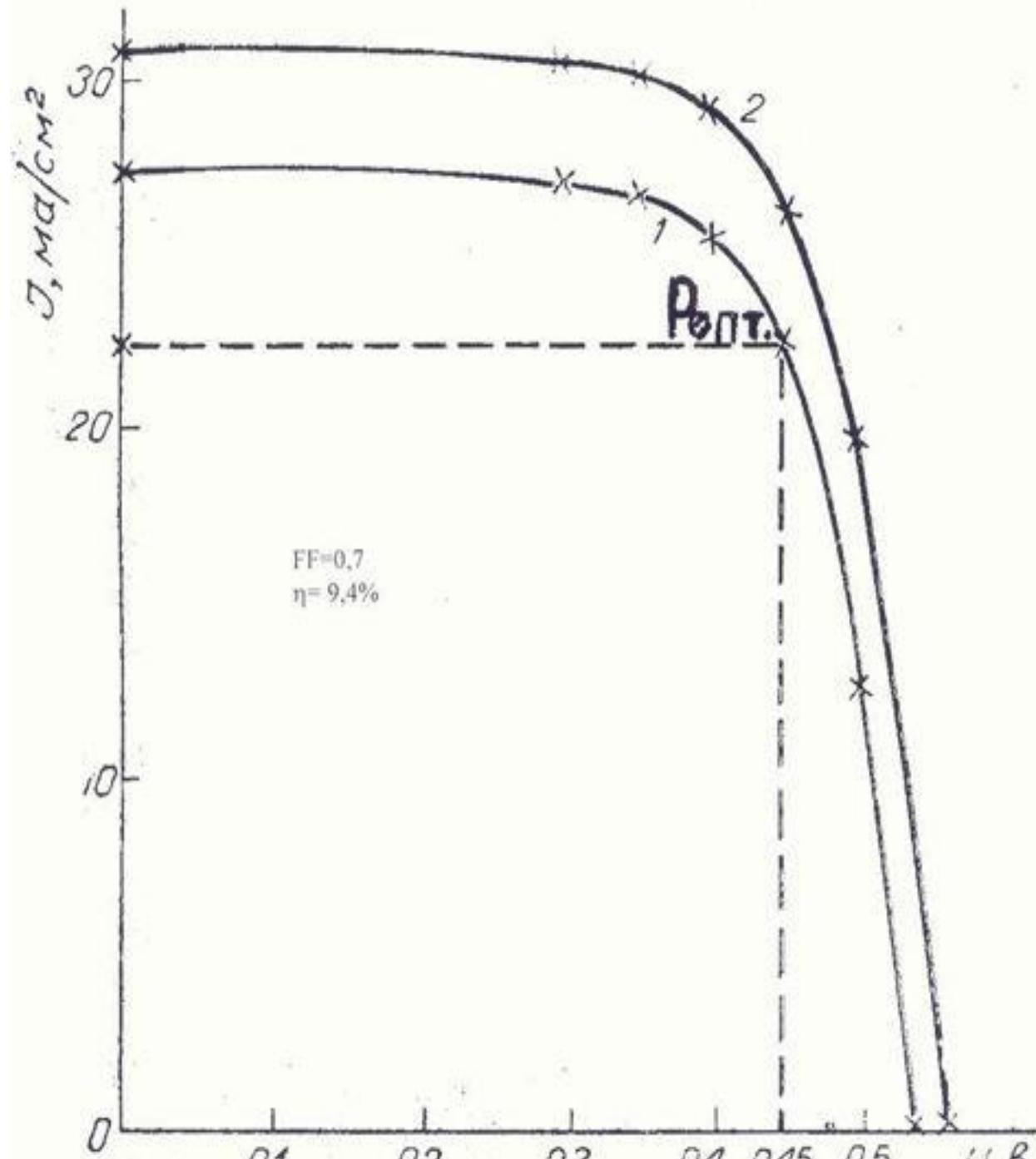
d_j - глубина р-п-перехода.

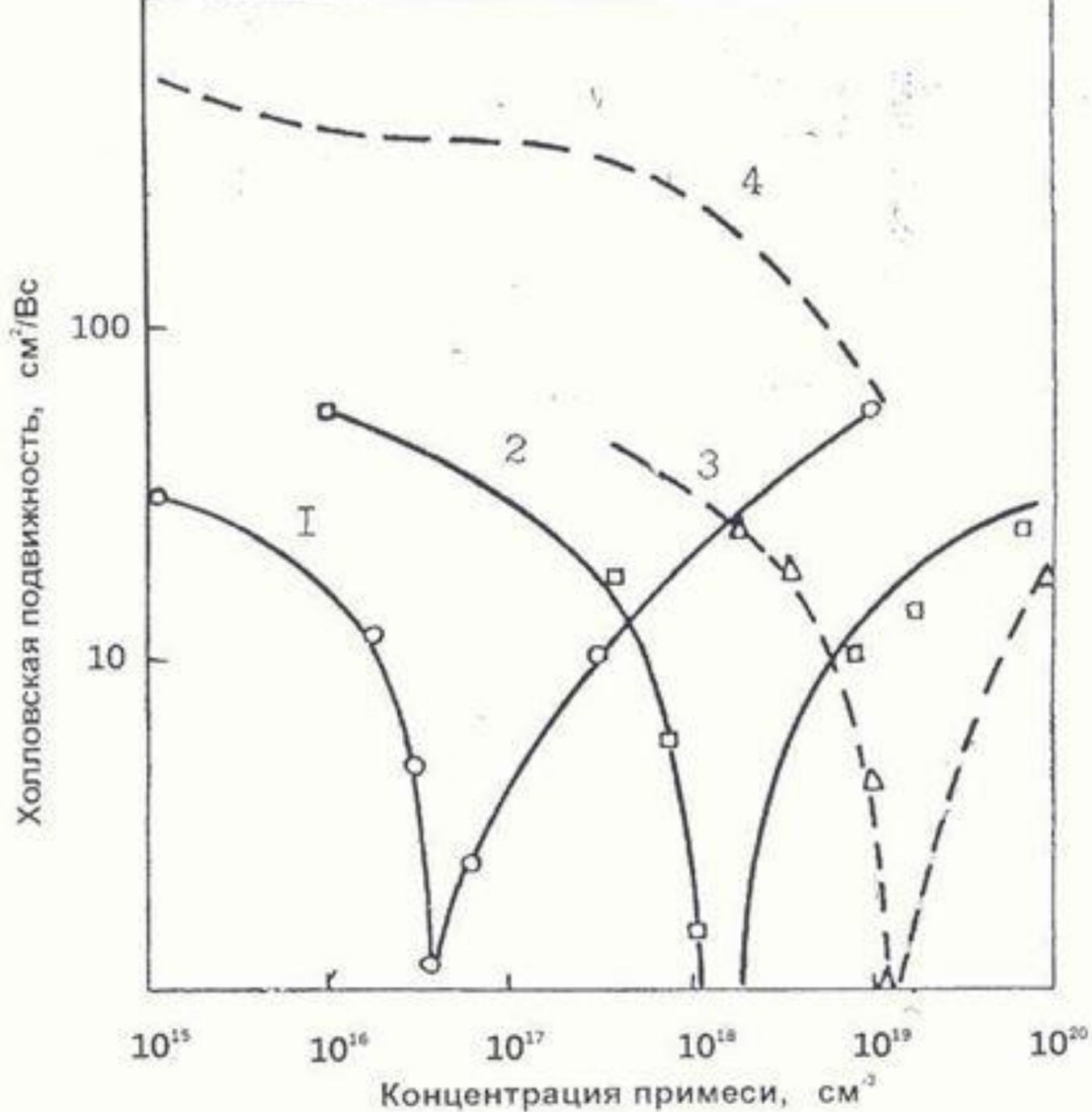
Фронтальная контактная сетка СЭ из ВЛПК и р-п-переход



► **Нагрузочные характеристики СЭ при освещении вольфрамовой лампой с интенсивностью светового потока 75 мВт/см^2**

1. СЭ на основе ВЛПК размером $2 \times 4 \text{ см}^2$.
2. СЭ из монокристаллического кремния.





- ▶ Зависимость подвижности основных носителей тока в ВЛПК от концентрации легирующей примеси обнаруживают нетривиальный ход с образованием так называемой «ямы» подвижности, возникновение которой зависит от размеров зерен ВЛПК

- **В ПТЭ поток солнечного излучения почти полностью превращается в тепло -в колебательную энергию кристалла, а повышение температуры обуславливает рост его эффективности.**
- **Отсутствуют рекомбинационные потери, так как при неизлучательной рекомбинации образуется тепло, а при излучательной рекомбинации излучение создает электронно-дырочную пару в результате зона-зона перехода.**
- **Для ПТЭ можно использовать немонокристаллические технические полупроводники. Важно, чтобы материал не содержал металлические электропроводящие включения, которые могут шунтировать р-п-переход.**

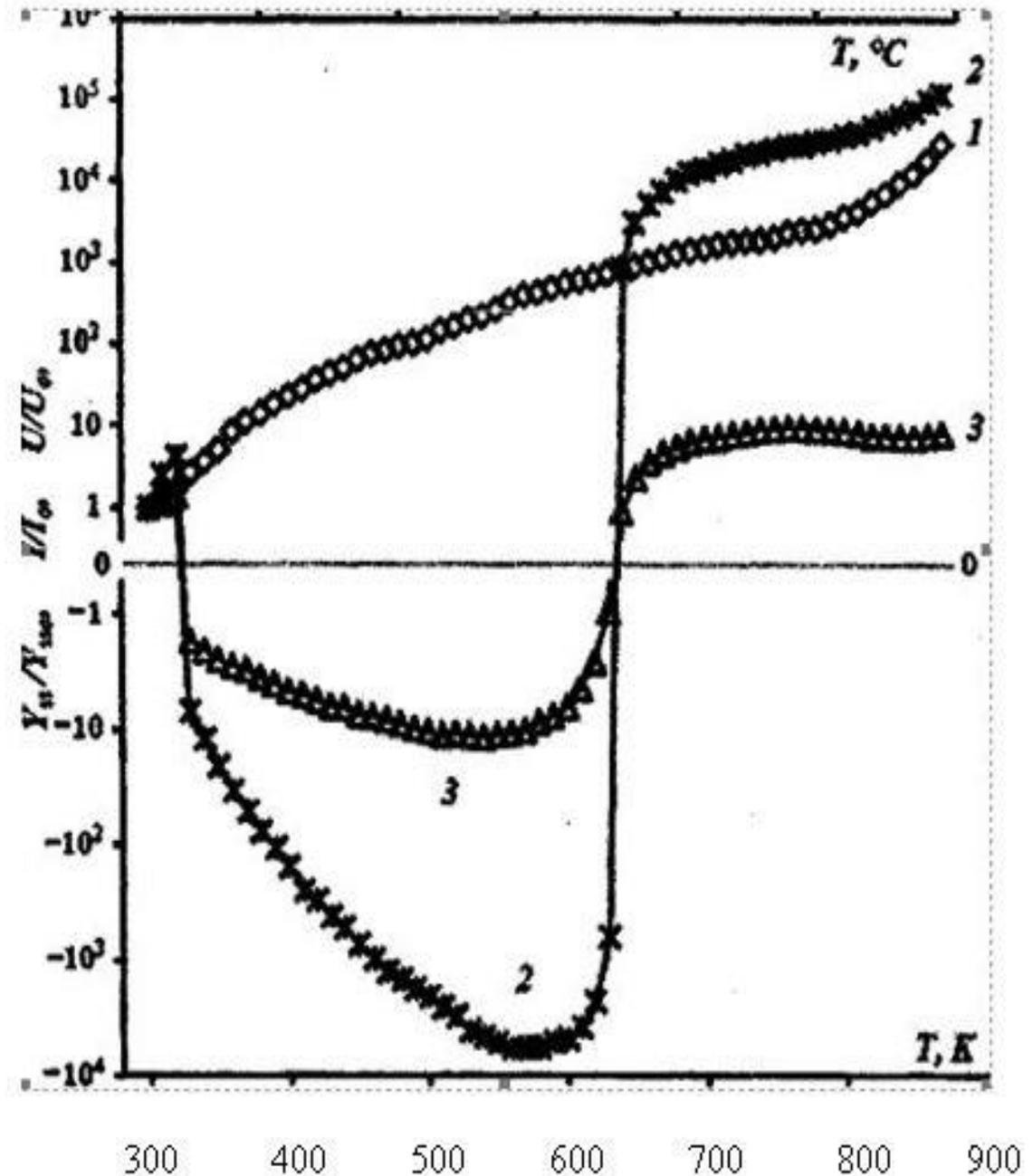
➤ При минимизации теплопотерь ПТЭ в результате его контакта с воздухом и из-за собственного теплового излучения предельная эффективность составляет 80%, в то время как КПД СЭ едва превышает 30%.

➤ Можно каскадировать несколько ПТЭ и использовать концентрированное солнечное излучение.

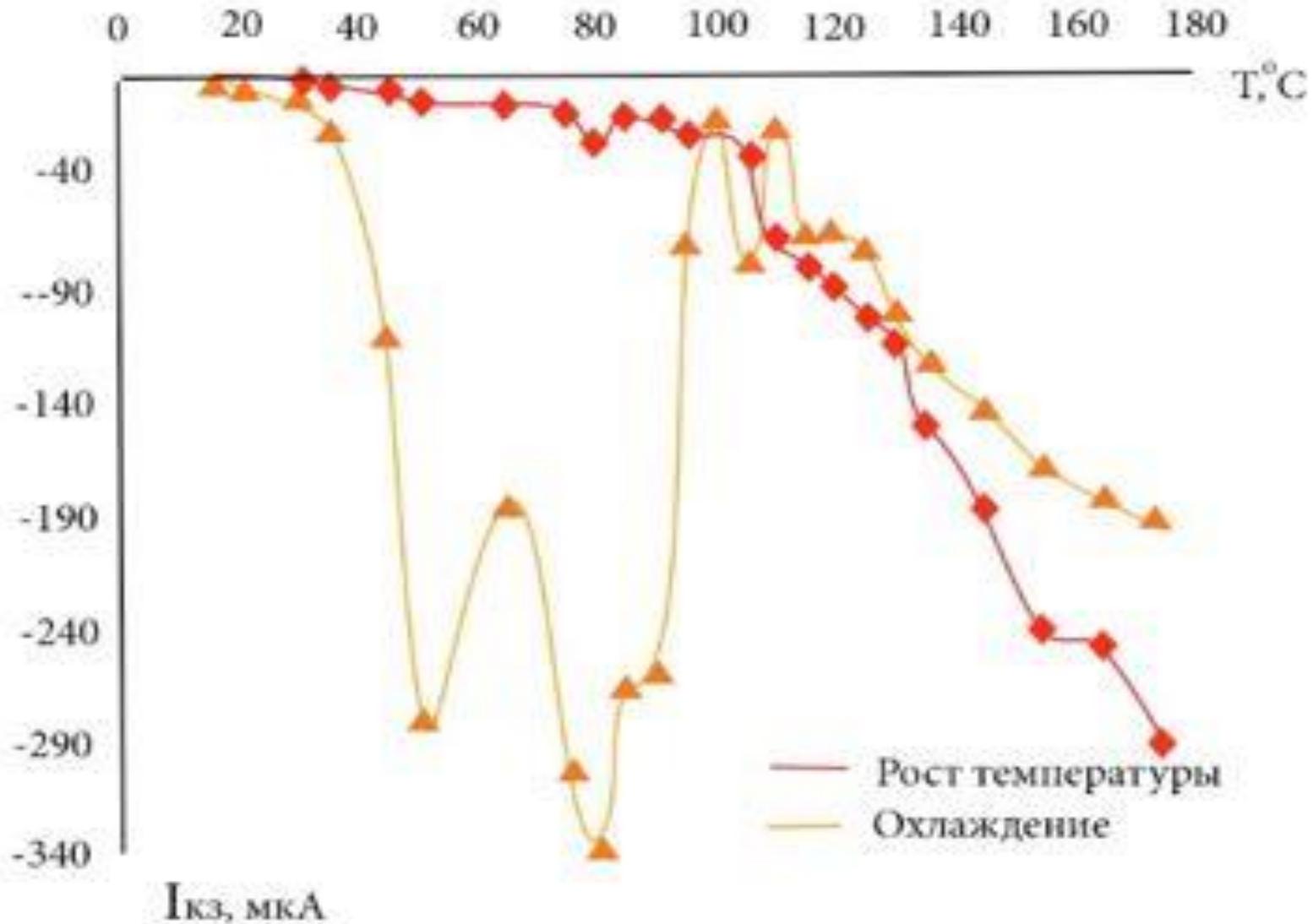
➤ Разнообразие и многовариантность использования ПТЭ с нагретыми телами.

➤ Возможность создания ПТЭ, вырабатывающих более дешевую энергию, чем СЭ

Относительные изменения
 проводимости ловушек
 (1), а также темновых тока (2)
 и напряжения (3) от
 температуры. Y_{ss} , I_{sc} , U_{co}
 измерены при 300 °К

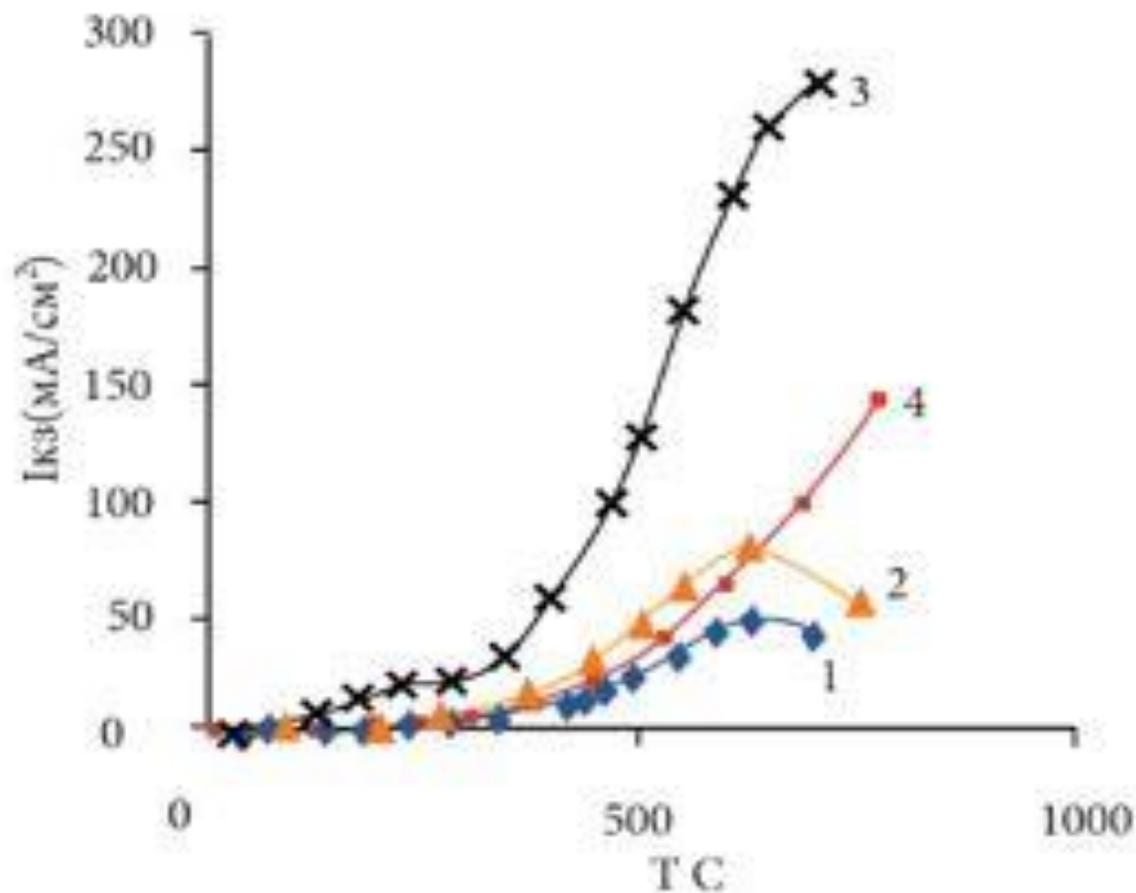


Температурная зависимость тока ВЛПК n^+ - p - структуры

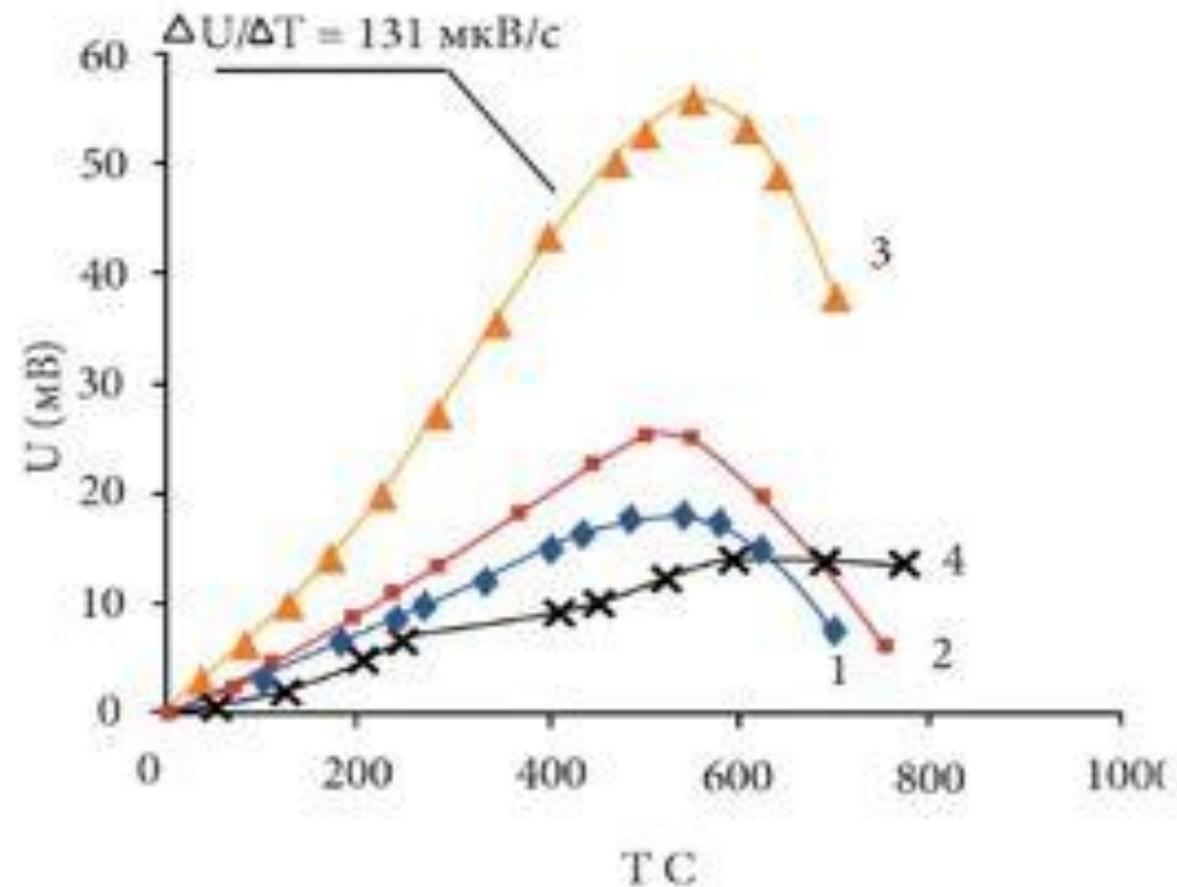


Температурные зависимости $I_{кз}$ (а) и $U_{хх}$ (б) изотипных преобразователей со структурой (металл-SI-металл) с рабочим телом длиной $L=6$ мм. и диаметром $d=2$ мм., выполненным из микрозернистого кремния; 1-р-тип без добавки глубокой примеси; 2-в р- типный кремний введено до 50% ТК; 3-рабочее тело целиком выполнено из ТК; 4- ТК введен в n-типный кремний

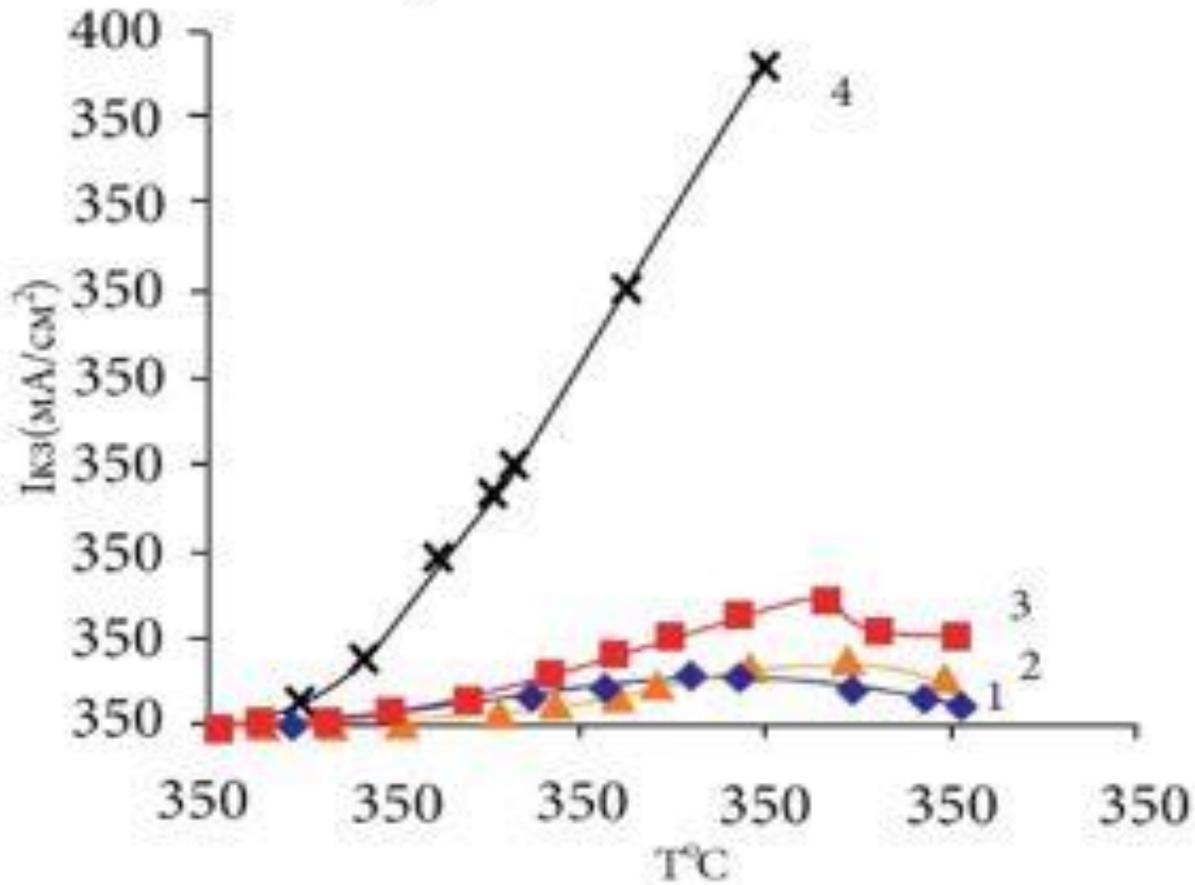
а



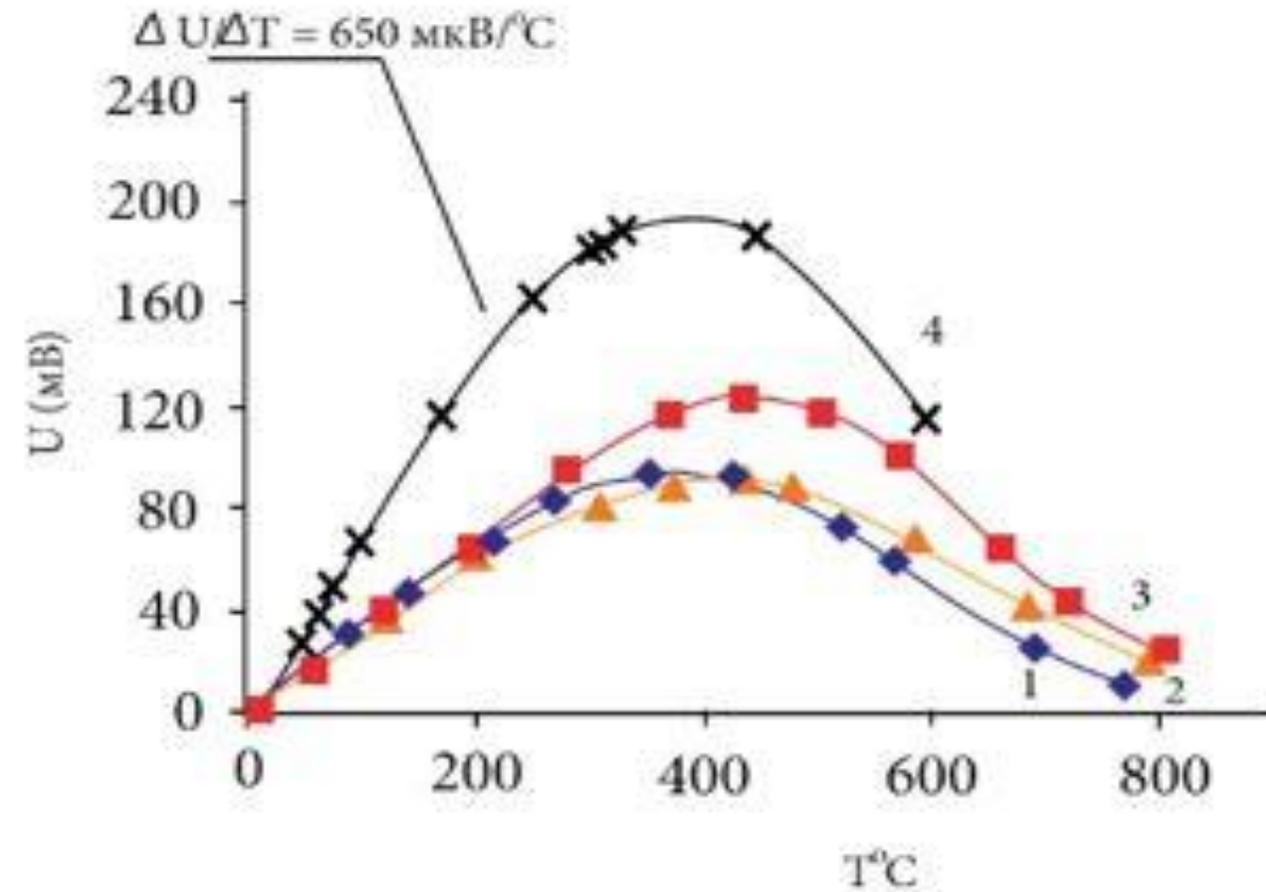
б



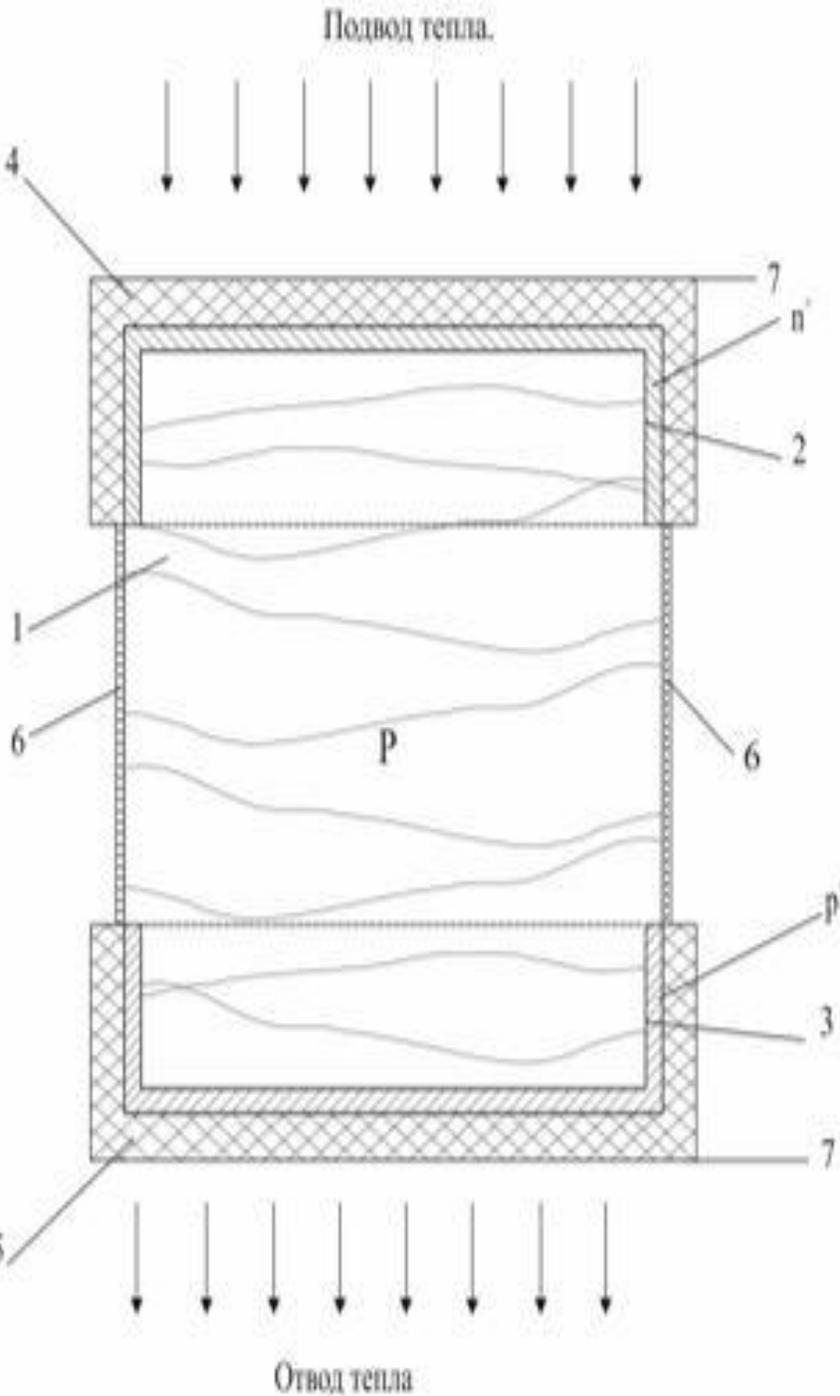
а



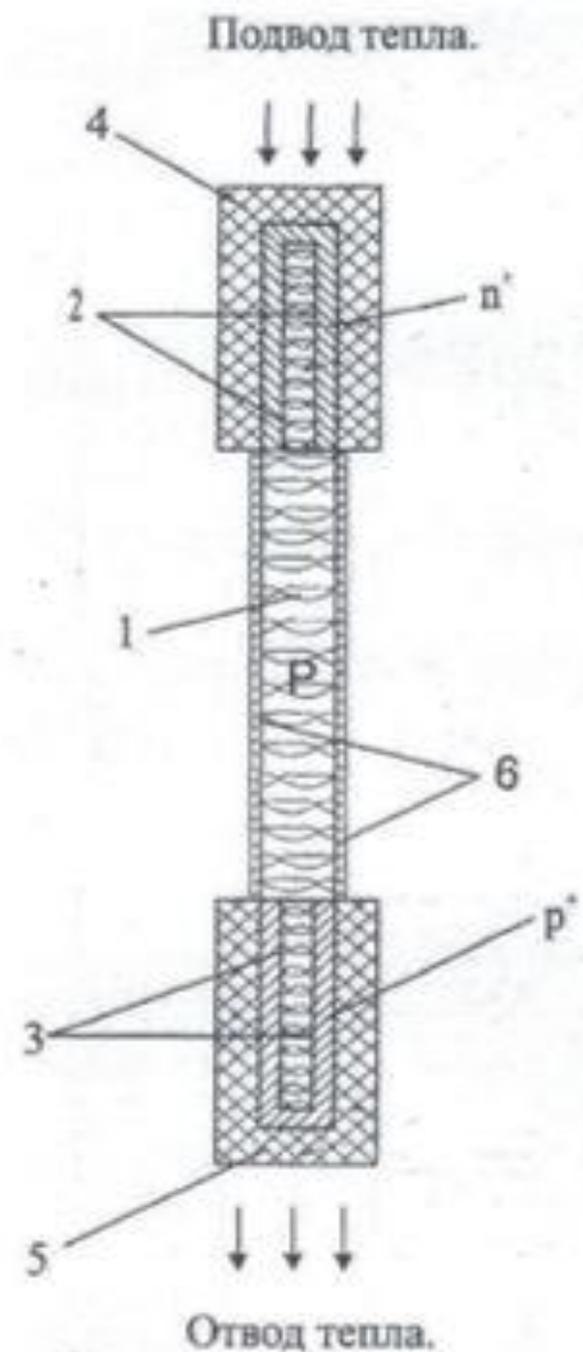
б



Температурные зависимости $I_{кз}$ (а), U_{xx} (б) ПТЭ из микрочернистого кремния с суммарной длиной разнотипного рабочего тела 12 мм и площадью р-п-перехода $S=2,26 \times 10^{-2} \text{ см}^2$. Состав микрочернистого кремниевого рабочего тела; 1-кремний р-типа; 2-кремний п-типа +50% ТК; 3,4 – кремний р-типа +50% ТК; контакты: 1,2,3-на основе сплава железа, 4-на основе меди



Преобразователь энергии с рабочим телом в виде пластины из ВЛПК: справа - вид сбоку, слева - вид в плане: 1 – рабочее тело; 2 – р-п переход; 3 – изотипный переход; 4, 5 – разнополярные омические контакты; 6 – селективное покрытие; 7 – электроды.



Сопоставление энергетических параметров преобразователей тепловой энергии, имеющих одинаковую площадь ($1 \times 1 \text{ см}^2$) и примерно одинаковую массу.

Параметр	Вариант на основе технического кремния	Вариант из ВЛПК	Предлагаемый преобразователь из ВЛПК
$I_{кз}$ при $200 \text{ }^\circ\text{C}$, мкА	200	320	3 000
$U_{хх}$ при $200 \text{ }^\circ\text{C}$, мВ	0,5	5	60

На территории Северного Таджикистана за длительный период геологических исследований выявлены многие десятки проявлений и месторождений кварцевого сырья различных генетических типов: связанных с магматическими эманациями и вулканогенно-гидротермальных вторичных кварцитов, связанных с гипогенным окварцеванием верхнепалеозойских вулканитов.

Химический состав кварца SiO_2 -95,60÷98,40%; Al_2O_3 -0,22÷1,54%; CaO -0,06÷0,89%; P -0,00÷0,04%; S -0,01÷0,03%. Удельный и объемный веса массивного кварца составляют соответственно 2,64÷2,66г/см³ и 2,57÷2,62г/см³; пористость колеблется от 0,2 до 4÷5 %

Качество антрацитов характеризуется следующими цифрами: влажность-0,78÷4,66 %; зольность-1,2÷4,2 % (в среднем 2,8 %); выход летучих -3,0÷5,0 %; содержание серы-0,13÷0,62 %, углерода-89,27÷93,86 %, теплотворная способность-35,14 МДж/кг. По своим качественным показателям они к знаменитым вьетнамским антрацитам месторождения Ха-Ту

Технические характеристики углей Байсунского, Шаргуньского и Назарайлокского месторождений

Шахта, разрез	Технические условия	Марка, класс	Размер кусков мм	Зольность %	Массовая доля общей влаги %	Массовая доля серы %	Выход летучих веществ %
Байсунская	ТУ Уз 12-11-90	ITR	0-200	21,0	7,4	0,7	16,0
Шаргуньская	ТУ Уз 12-11-90	ICCC Ш	0-13	25,5	8,0	0,7	25,0
Назарайлокская	-	-	-	1,2-4,2	0,78-4,66	0,13-0,62	3,0-5,0

Создание полного завершённого цикла производства кремния и преобразователей энергии на его основе позволит Таджикистану получить современное, инновационное, наука-трудоемкое, одновременно импортозамещающее и экспорт ориентированное, высокотехнологичное производство, ориентированное на выпуск экологически безопасной и высоколиквидной продукции, способное решить энергодефицит и стимулировать другие родственные и смежные предприятия в регионе, дать толчок развитию науки, техники и технологии, подготовки высококвалифицированных кадров рабочих и инженерно-технических работников.

Спасибо за внимание!