

**Компьютерная модель
прогноза и управления рециклингом
вторичных ресурсов черных металлов
для регионов и стран мира.**

НИТУ «МИСиС»

*Черноусов П.И.
Коротченко А.С.*

Стратегия устойчивого развития металлургической индустрии

- минимизация затрат природных ресурсов и выбросов в окружающую среду при максимальной доле рециклинга вторичных ресурсов металлов
- регулирование уровня потребления металлопродукции на душу населения: металлолом – «социальный ресурс»
- долгосрочный прогноз потребления вторичных ресурсов: металлолом – «устойчивый ресурс»
- законодательное регулирование срока эксплуатации металлоизделий: «экодизайн»

Гюнтер Верхойген, Комиссар ЕС по вопросам промышленности, «СМЕНА ПАРАДИГМЫ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКЕ», Дюссельдорф, конференция STANL 2007.

Принцип «Социальных вторичных ресурсов»:

- законодательное регулирование срока эксплуатации металлоизделий;
- амортизационный металлолом рассматривается в качестве вторичного ресурса, с которым следует обращаться, опираясь на соответствующую законодательную базу;
- качество и оптимальный срок эксплуатации металлоизделий, обращение с отходами, сбор и обращение с вторичными ресурсами металлов рассматриваются в качестве «социальных параметров», на которые можно эффективно влиять с помощью целенаправленного изменения законодательства и повышения уровня экологического образования.

Стратегия управления вторичными ресурсами

- комплексное моделирование использования природных и вторичных ресурсов металлов, которое позволит государственным структурам РФ осуществлять долгосрочный прогноз экологических сценариев устойчивого развития металлургической индустрии
- оптимизационное моделирование, обеспечивающее минимизацию затрат природных ресурсов и выбросов в окружающую среду при максимальной доле рециклинга вторичных ресурсов металлов
- диалоговая система моделирования и многокритериальная оптимизации параметров глобального рециклинга металлов
- новая методология регулирования процесса рециклинга, позволяющая обеспечить необходимый уровень потребления металлопродукции на душу населения при соблюдении ее качественных характеристик

Движение железа (стали и чугуна)



Управляющие воздействия

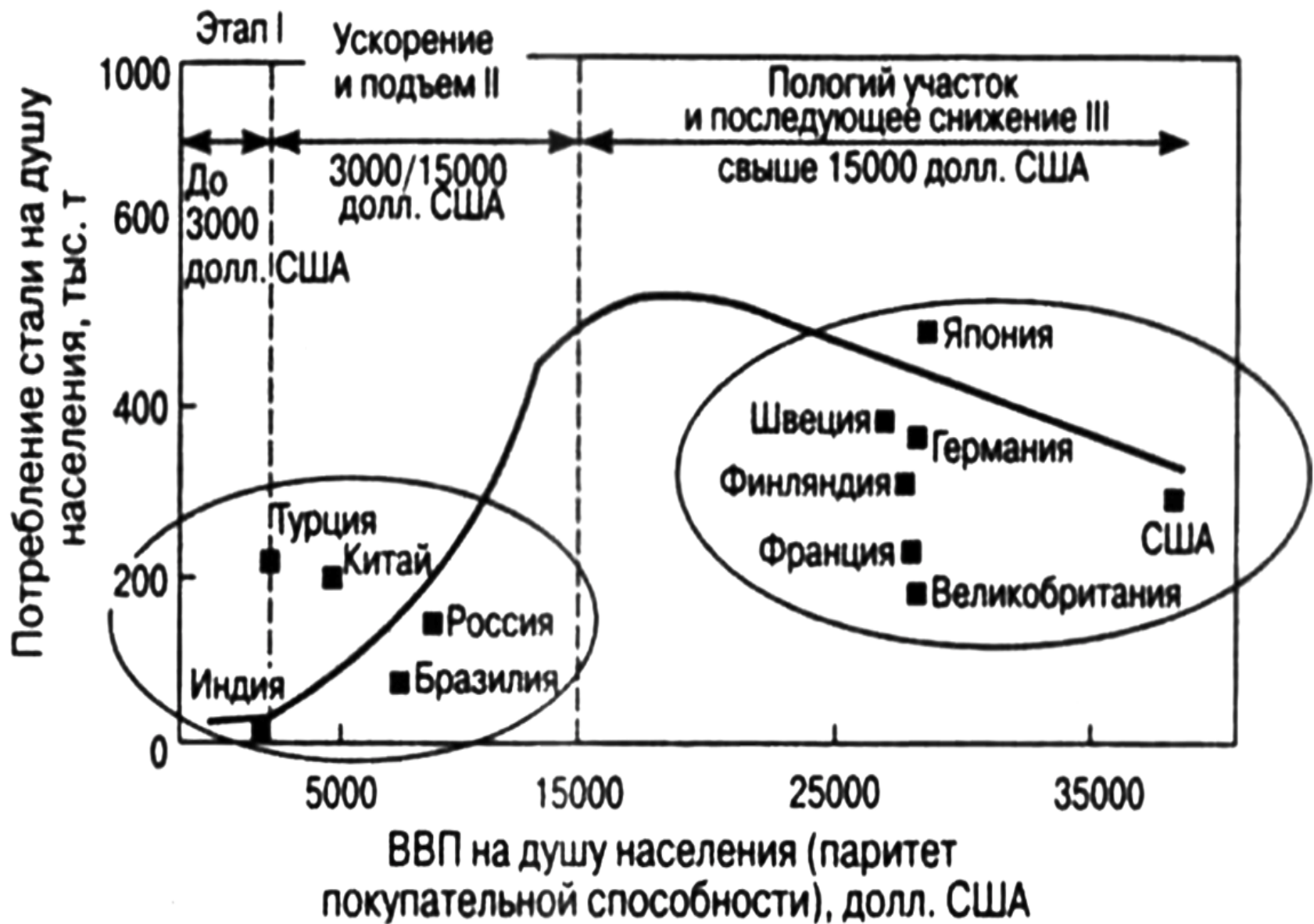
- распределение металлолома по маршрутам (конверторному или электросталеплавильному),
- длительность пребывания металлопродукции в различных сегментах сферы потребления,
- распределение металлопродукции между различными сегментами сферы потребления,
- уровень сбора металлолома,
- экспорт/импорт металлопродукции и металлолома,
- использование ресурсов депонирования,
- степень перехода железа в готовую продукцию по конверторному и электросталеплавильному маршрутам.

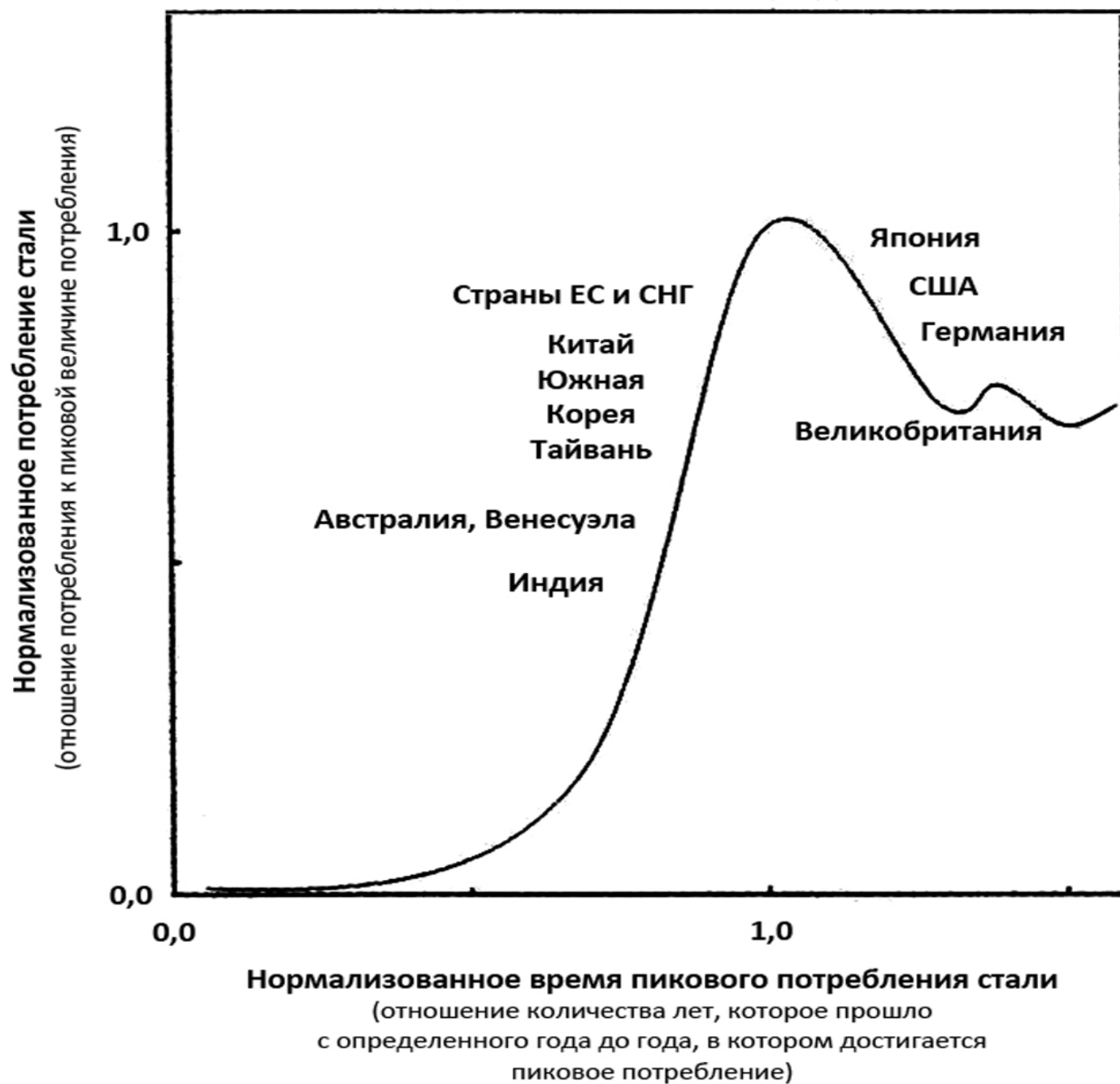
Критерии оптимизации

- минимальные затраты природных ресурсов
- минимальные выбросы (потери) железа
- минимальный уровень накопления примесных микроэлементов в процессе рециклинга
- максимальная доля использования вторичных ресурсов железа

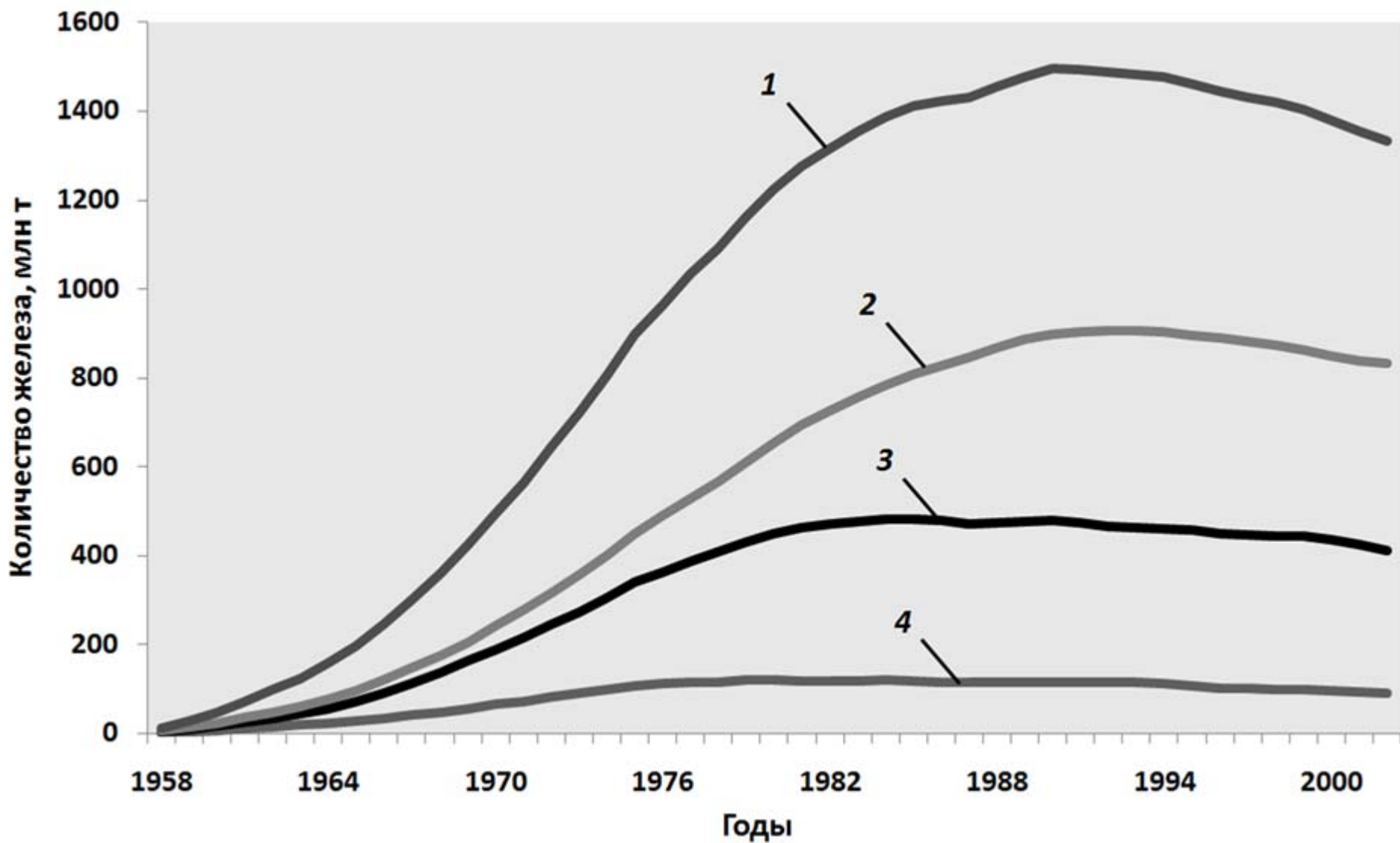
Движение железа (стали и чугуна)







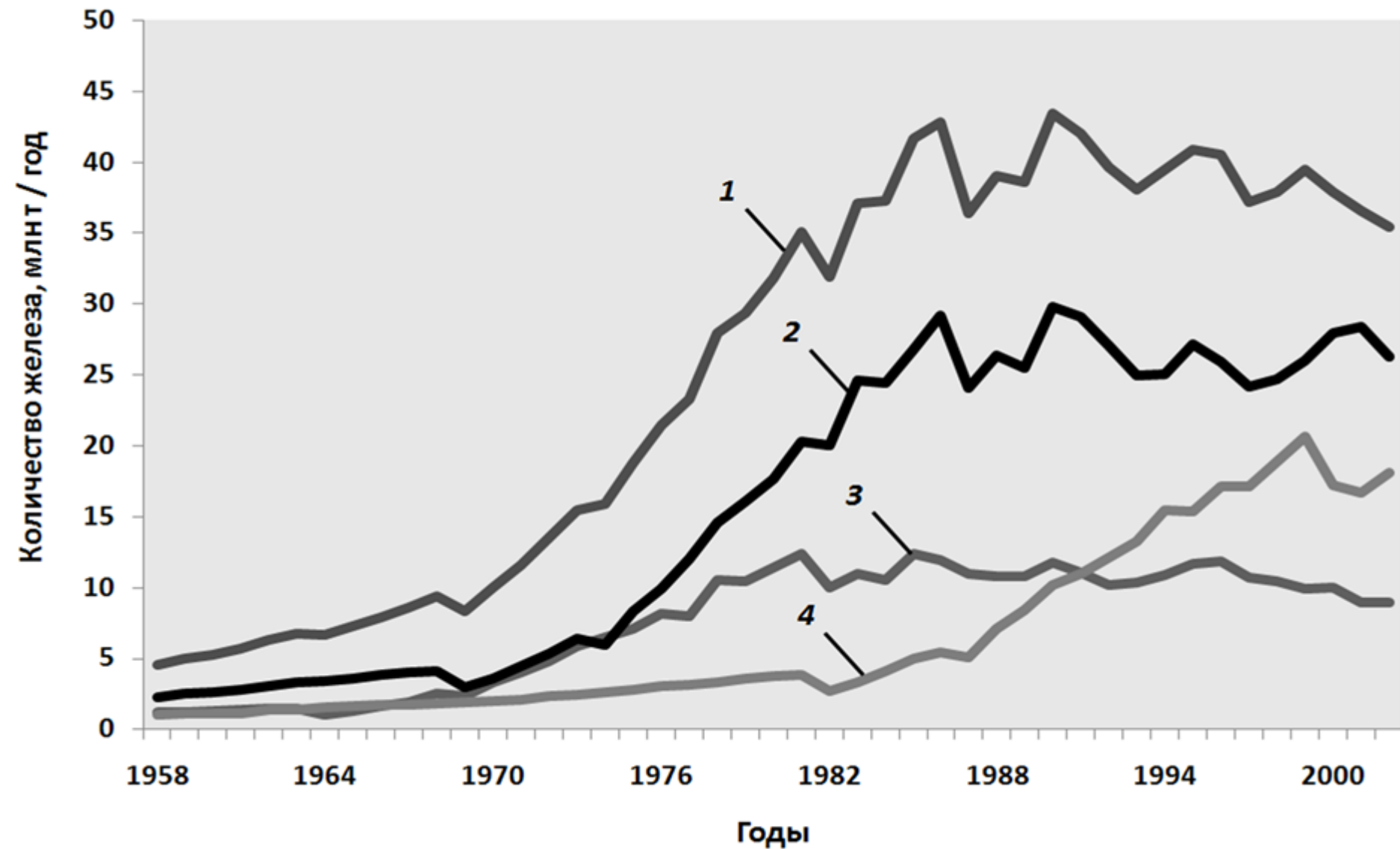
Структура металлофонда Японии



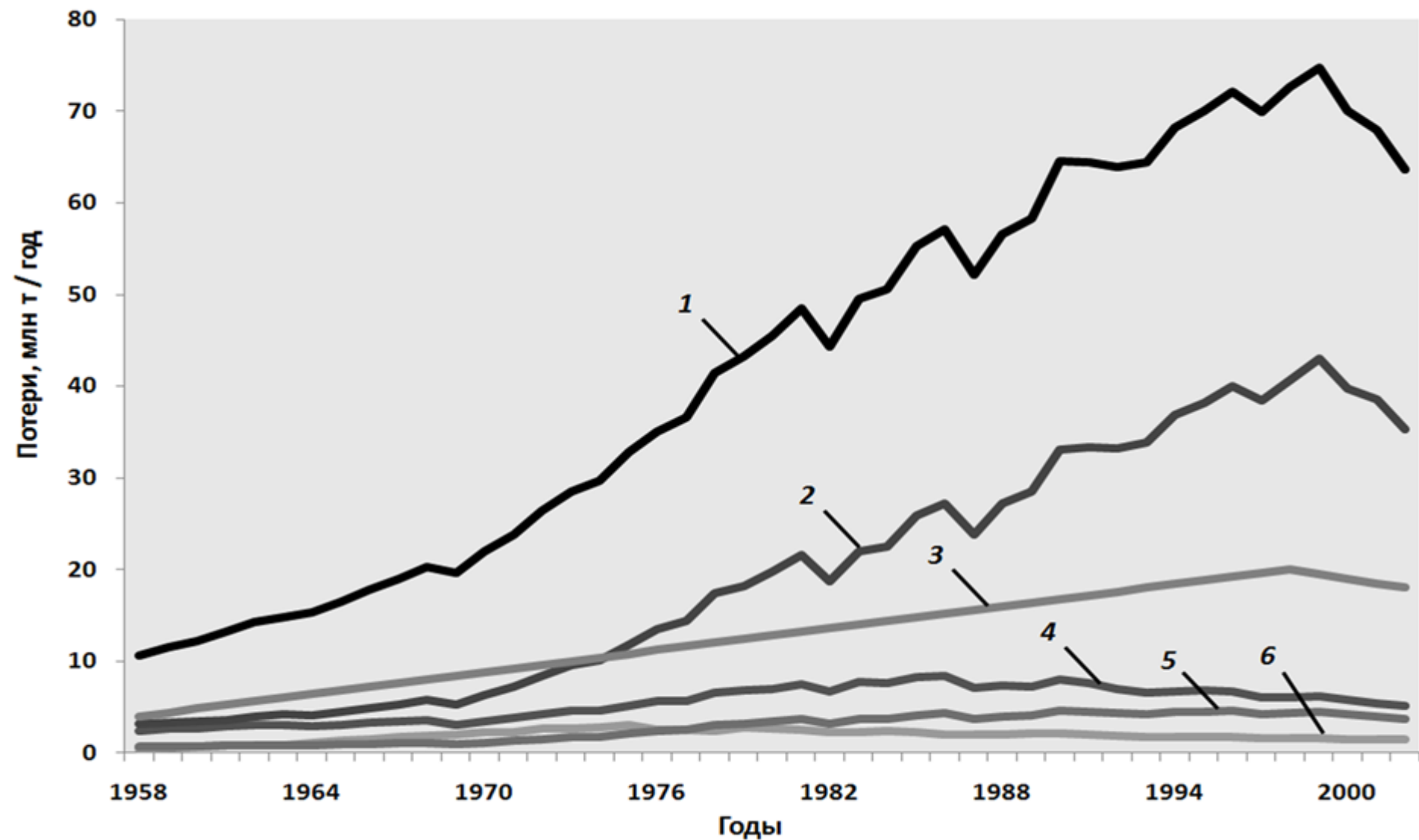
Структура потребления лома во Франции

Вид лома	Доля лома, %
Оборотный лом предприятий	17%
Лом металлообработки	17%
Амортизационный лом, всего	66 %
в том числе:	
Механическое оборудование	23%
Промышленные конструкции	22%
Гражданское строительство	2%
Автомобили	14%
Бытовое оборудование	3%
Упаковка	2%

Потребление амортизационного металлолома в Японии



Потери железа на основных стадиях производства и потребления продукции и обращения с вторичными ресурсами в Японии





Для стали как конструкционного материала возможности оптимизации движения внутри стадии жизненного цикла «изготовление продукта» незначительны. Достигнутые параметры близки к предельным значениям. Определяющий вклад в улучшение экобалансов для стальных изделий может быть сделан в фазе эксплуатации, путем разработки продуктов и деталей с оптимизацией по массе, содержанию примесей и оптимальным сроком службы. Наиболее актуальной сферой исследований является осуществление симультанного инжиниринга всего жизненного цикла стальных изделий. Учет рециклинга в едином жизненном цикле стальных изделий требует разработки специальной методики расчета.

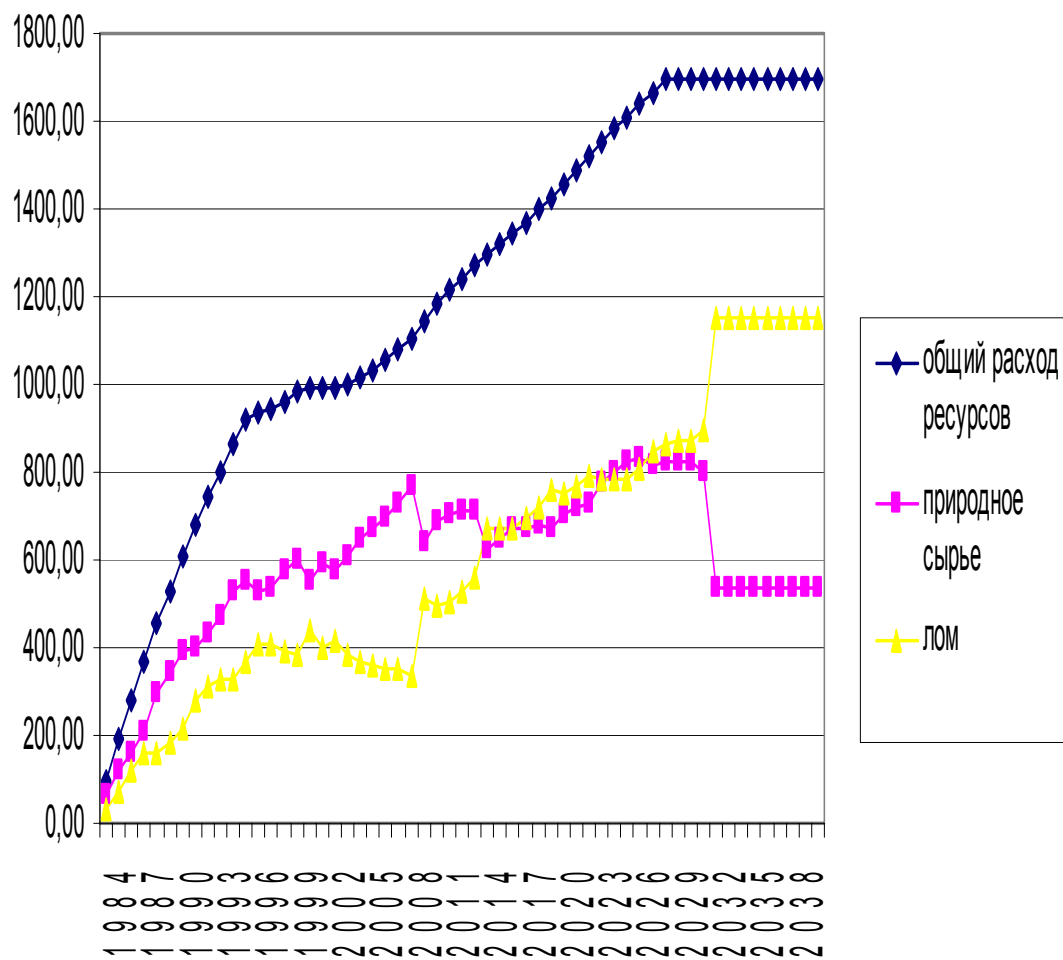
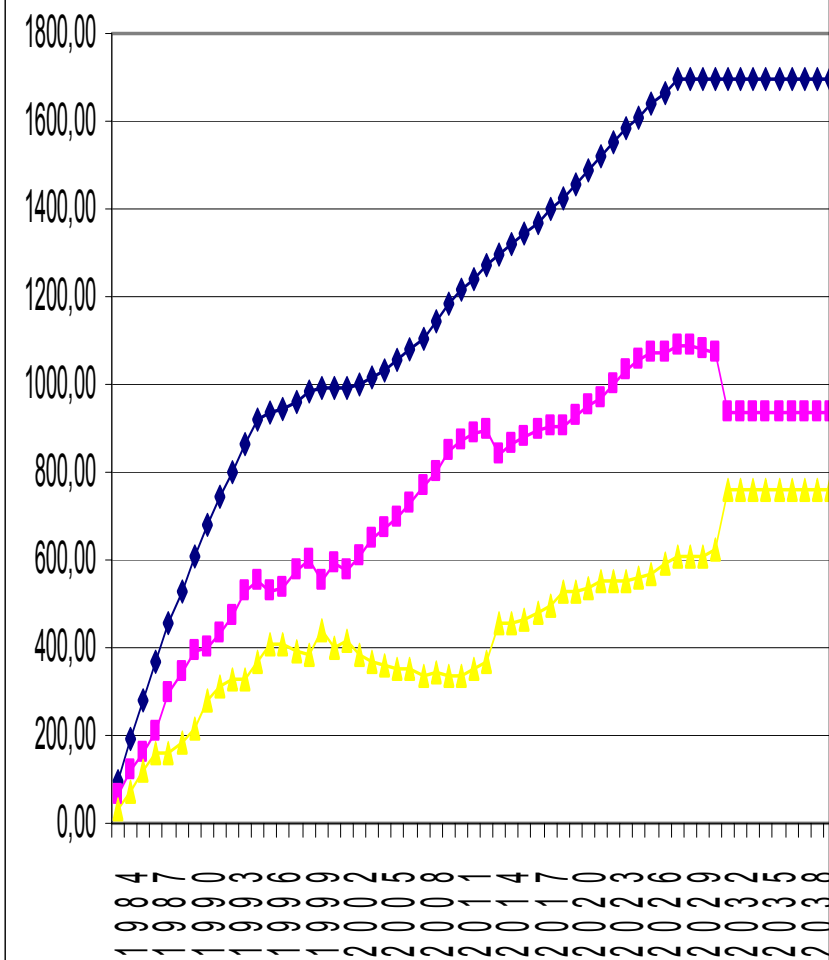
**Доктор-инж. Г.-У. Линденберг,
член Совета директоров
фирмы ThyssenKrupp.**

Значения доли утилизации вторичных ресурсов в соответствии с Директивой ЕС 2000/53/ЕС.

Способ обращения с изделиями и материалами, вышедшими из сферы эксплуатации	Доля, % от массы изделия	
	2005	2015
Рециклинг и повторное использование	более 80	более 85
Термическая переработка	более 5	более 10
Использование в качестве вторичных ресурсов, итого	более 85	более 95
Депонирование	менее 15	менее 5

Прогноз изменения структуры металлофонда Японии

структура металлофонда



«Рециклинг лома означает гарантированное снабжение сырьем и щадящее использование природных ресурсов. Сталь как материал имеет большие экологические преимущества. Новая концепция: целесообразно повышать долю стали в изделиях, масса которых не оказывает существенного влияния на затраты энергии и выбросы (например, стационарная электротехника, конструкции). Это обеспечит высокую долю рециклинга. Но при этом необходим соответствующий «социальный фон», потому что качество и уровень сбора (освоения) амортизационного лома – «забота общества». Она проявляется в совершенстве законодательства и уровне гуманитарного «экологического» образования».

**Доктор Ж.-П. Бура,
технический директор¹⁸ Irsid**

Оптимизация для условий Японии, прогноз на период 2010 – 2040 гг.

- Производство металлопродукции 120 млн. т/год;
- Доля амортизационного лома, направляемого на переработку в электросталеплавильный маршрут 60 – 90 %;
- Длительность пребывания изделий:
 - В краткосрочной сфере эксплуатации: 2 - 5 лет;
 - В среднесрочной сфере эксплуатации: 5 - 15 лет;
 - В долгосрочной сфере эксплуатации: 20 - 40 лет.
- Потери при сборе амортизационного лома 5 - 40 %;
- Экспорт металлопродукции: до 42 млн. т/год;
- Экспорт металлолома: до 10 млн. т/год;
- Использование ресурсов депонирования: до 3 млн. т/год.
- ✓ Проанализировано сценариев 28 624.

Результаты оптимизации

№	Критерии оптимизации			Фактор накопления приливов	Срок эксплуатации		$\beta_3, \%$	Экспорт/импорт	
	Затраты природных ресурсов, млн. т	Выбросы в ОС, млн. Т	Затраты вторичных ресурсов, млн. Т		Краткосрочная сфера, годы	Среднесрочная сфера, годы		Продукция	Лома
21173	1208	653	2949	2,43	2	5	90	нет	импорт
22013	1216	700	2942	1,94	2	15	90	нет	нет
21175	1318	648	2730	2,42	2	5	90	нет	нет
22183	1337	652	2712	1,91	3	5	90	нет	нет
1	1327	761	3195	2,58	2	5	60	импорт	импорт
841	1339	810	3184	2,06	2	15	60	импорт	экспорт

- ☐ **Оптимизация по критериям минимальных затрат природных ресурсов и выбросов железа и максимальных затрат вторичных ресурсов не дает однозначно лучшего варианта решения задачи.**

- ☐ **Максимальный уровень переработки вторичных ресурсов, реализуемый как «самоцель» в условиях импорта или экспорта металлопродукции и при полной загрузке всех мощностей по ее производству, не обеспечивает ни минимальных затрат природных ресурсов, ни минимальных выбросов в окружающую среду.**