A photograph of a large dam with several tall, cylindrical towers. In the foreground, there is a paved area with significant debris, including twisted metal and concrete, suggesting a recent disaster or accident. A building with a logo is visible on the right side of the dam.

# Критерии безопасности гидротехнических сооружений для предотвращения аварийных ситуаций

ОАО «Институт Гидропроект», Москва  
Главный геоэколог, к.г.-м.н. В.В.Каякин



## Количество переходов гидроагрегатами СШГЭС нерекомендуемой зоны II в 2009 г.

№ ГА	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	Всего
ГА1	68	13	19	39	58	87	11	3	298
<b>ГА2</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>232</b>
ГА3	25	61	47	68	89	64	14	1	369
ГА4	91	59	43	50	60	101	40	46	490
ГА5	43	67	17	8	14	31	28	10	218
ГА6	10	0	0	0	0	0	0	10	20
ГА7	49	49	78	80	39	11	15	7	328
ГА8	14	22	47	37	21	19	35	14	209
ГА9	20	82	62	44	62	78	32	16	396
ГА10	2	2	12	20	33	9	0	0	78



## Время нахождения гидроагрегатов СШГЭС в нерекомендуемой зоне II

№ ГА	янв.	фев.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	Всего	
									секунд	часов
ГА1	816	156	228	468	696	1044	132	36	3576	1 час
<b>ГА2</b>	<b>264</b>	<b>0</b>	<b>492</b>	<b>432</b>	<b>480</b>	<b>336</b>	<b>384</b>	<b>396</b>	<b>2784</b>	<b>0 час 46 мин</b>
ГА3	300	732	564	816	1068	768	168	12	4428	1 час 14 мин
ГА4	1092	708	516	600	720	1212	480	552	5880	1 час 38 мин
ГА5	516	804	204	96	168	372	336	120	2616	0 час 44 мин
ГА6	120	0	0	0	0	0	0	120	240	0 час 04 мин
ГА7	588	588	936	960	468	132	180	84	3936	1 час 06 мин
ГА8	168	264	564	444	252	228	420	168	2508	0 час 42 мин
ГА9	240	984	744	528	744	936	384	192	4752	1 час 19 мин
ГА10	24	24	144	240	396	108	0	0	936	0 час 15 мин



## Время работы гидроагрегатов СШГЭС в сети, часы

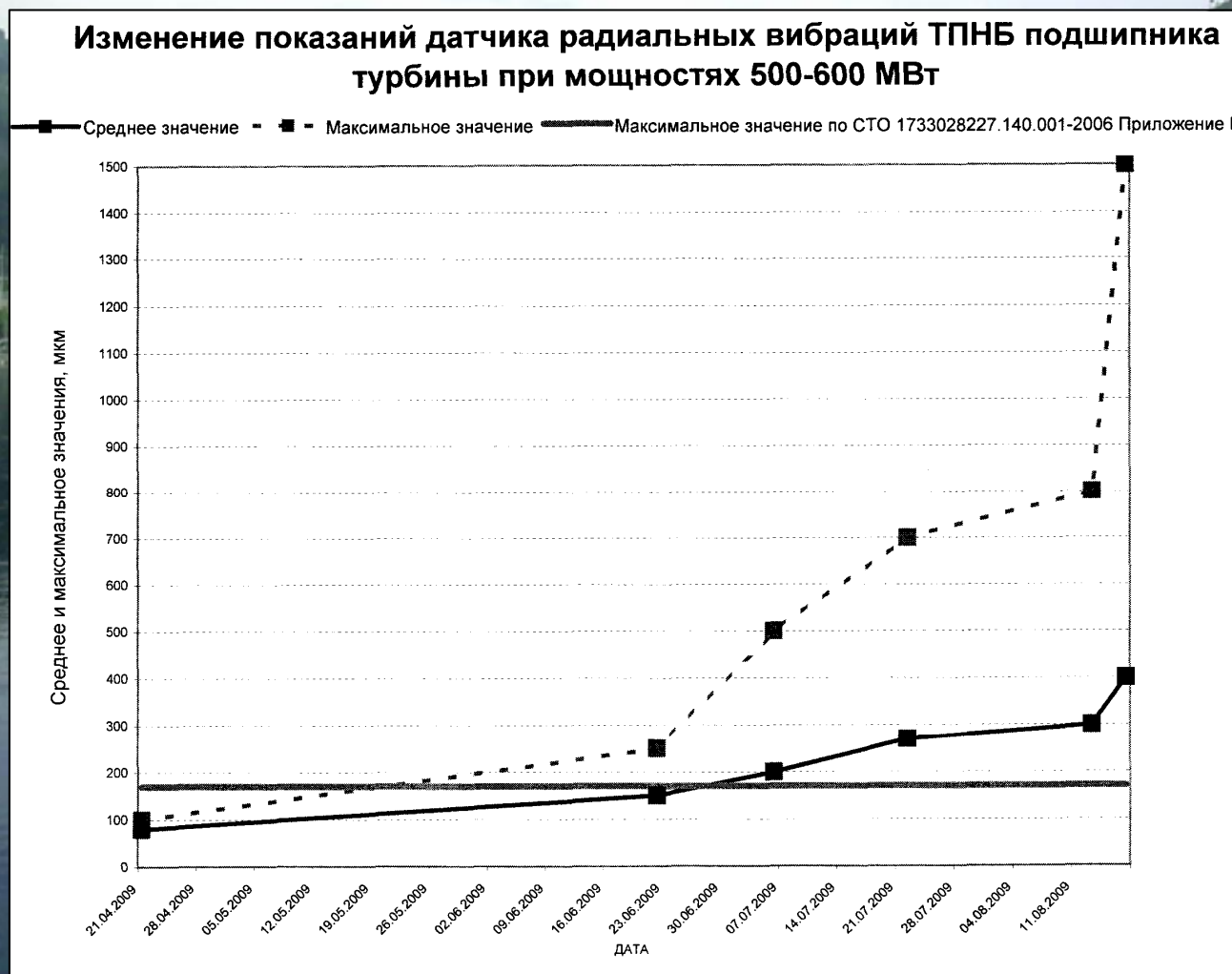
№ ГА	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Сумма
ГА 1	5253,99	6065,43	6415,93	4253,75	21989,10
<b>ГА 2</b>	<b>6157,78</b>	<b>4657,24</b>	<b>6498,58</b>	<b>3449,97</b>	<b>20763,57</b>
ГА 3	5976,56	2322,24	2910,98	4003,09	15212,87
ГА 4	5794,30	6490,69	3278,15	4032,93	19596,07
ГА 5	5066,17	4476,21	6773,20	4271,46	20587,04
ГА 6	6657,31	4823,49	4222,59	96,76	15800,15
ГА 7	2727,54	6648,91	4317,50	4552,02	18245,97
ГА 8	7149,77	5141,05	4485,65	2730,33	19506,80
ГА 9	6276,99	5649,44	4258,03	4901,42	21085,88
ГА 10	1153,38	348,14	426,87	1826,60	3754,99
Сумма	52213,79	46622,84	43587,48	34118,33	176542,44



# Данные по состоянию гидроагрегатов СШГЭС на 8 час. 00 мин. 17.08.2009 г.

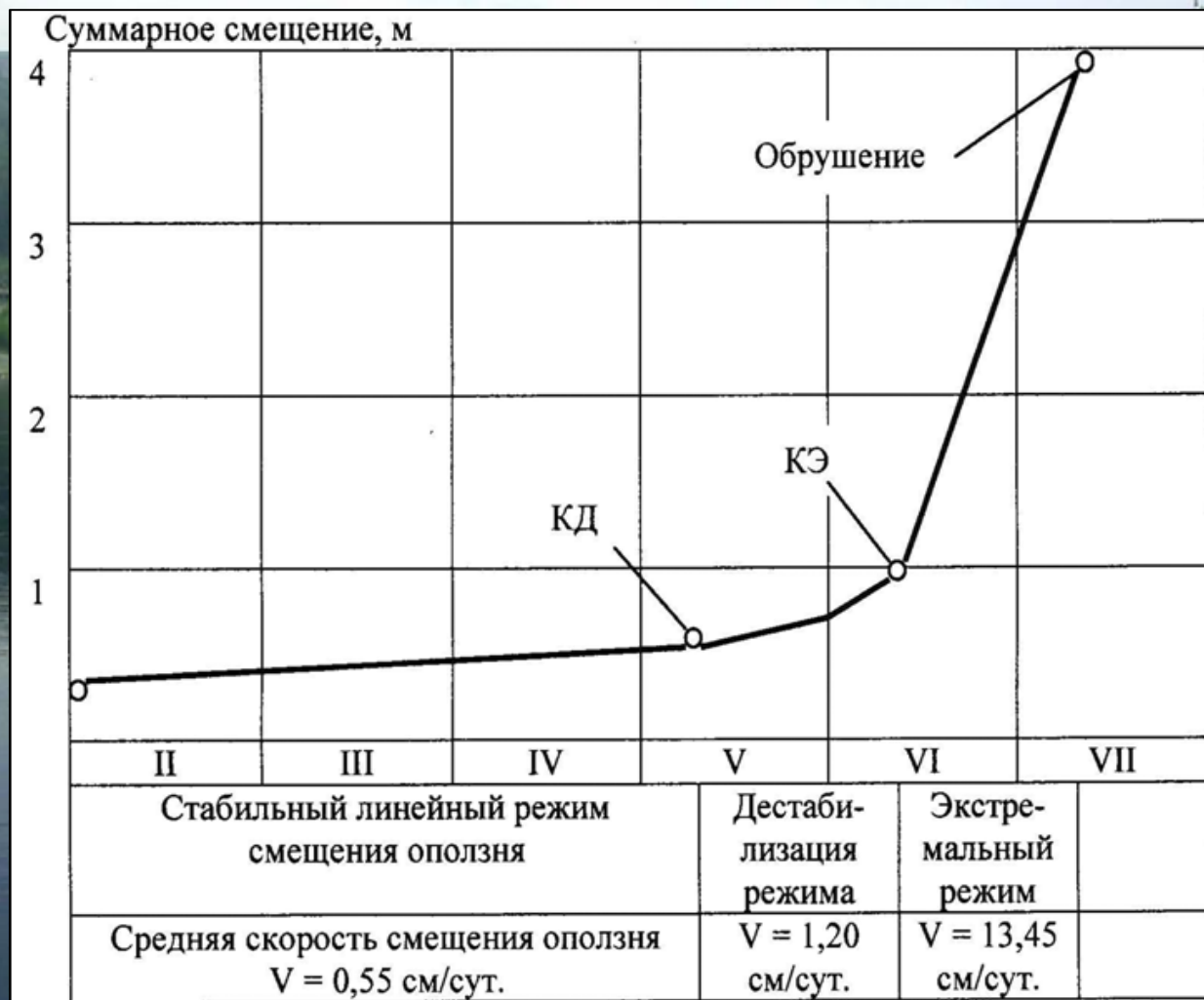
Характеристики	Гидроагрегаты									
	ГА-1	ГА-2	ГА-3	ГА-4	ГА-5	ГА-6	ГА-7	ГА-8	ГА-9	ГА-10
Н, МВт мощность	605	600	570	600	600	В ремонте	120	590	605	100
Расход, м <sup>3</sup> /с	315	312	298	312	312		92	307	315	83
							24	71	74	24
Открытие, %	72	72,5	75	74	73		В заданных пределах			
Р, давление МПа МНУ25-2/63-3	В заданных пределах						В заданных пределах			
Амплитуда вибрации подшипника крышки турбины, мкм	200	600	150	110	275		50	175	200	50
Р, кгс/см <sup>2</sup> давление в отсасывающей трубе	0,4	1,0	0,6	1,1	0,1		1,3	0,5	0,5	1,1
Р, кгс/см <sup>2</sup> давление под крышкой	3,2	3,4	3,6	3,3	1,1		2,2	3,5	3,1	2,3

# График изменения вибрации подшипника турбины гидроагрегата № 2 [ 1 ] с добавлением критериев безопасности развития процессов: критерия дестабилизации КД и критерия экстремальности КЭ

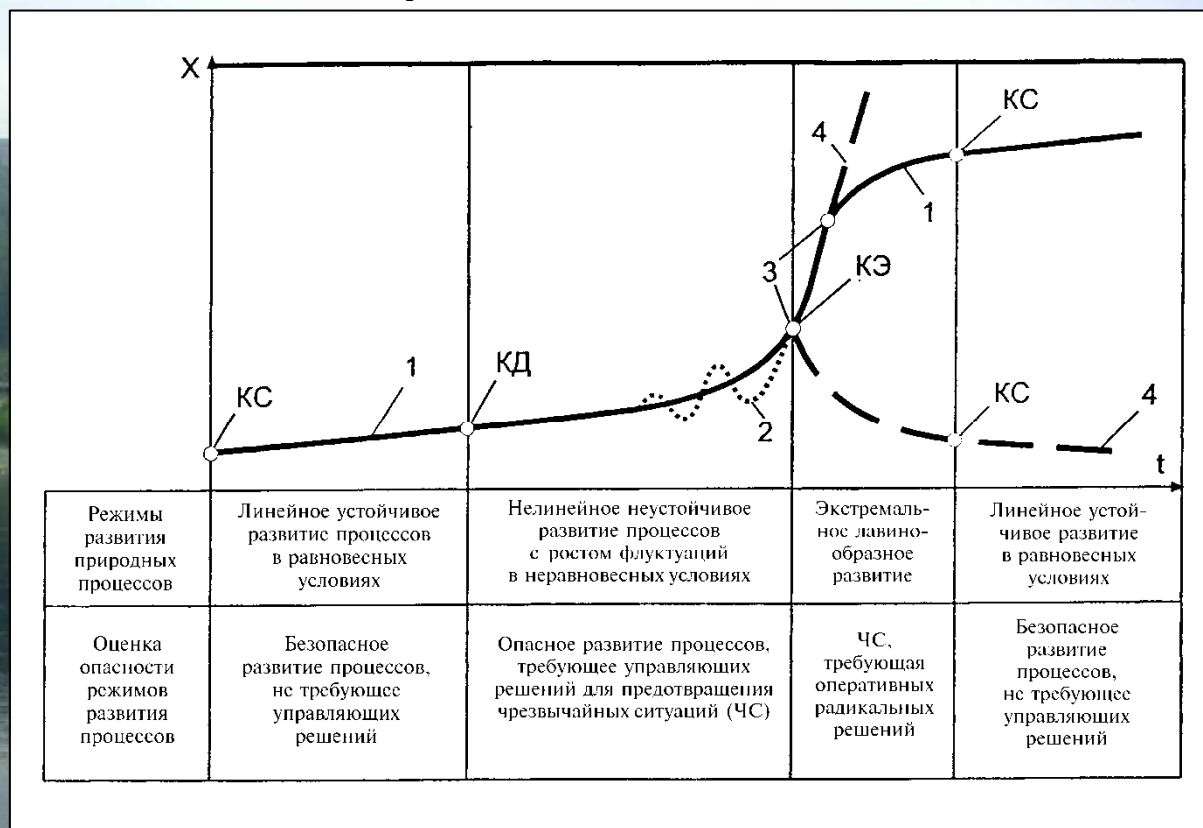




# График смещения скального массива Хиангбичань (Китай) по данным наблюдений с добавлением критериев безопасности и характеристик развития процесса



# Режимы развития природных, техно-природных и социальных процессов по И.Р.Пригожину и оценка их опасности



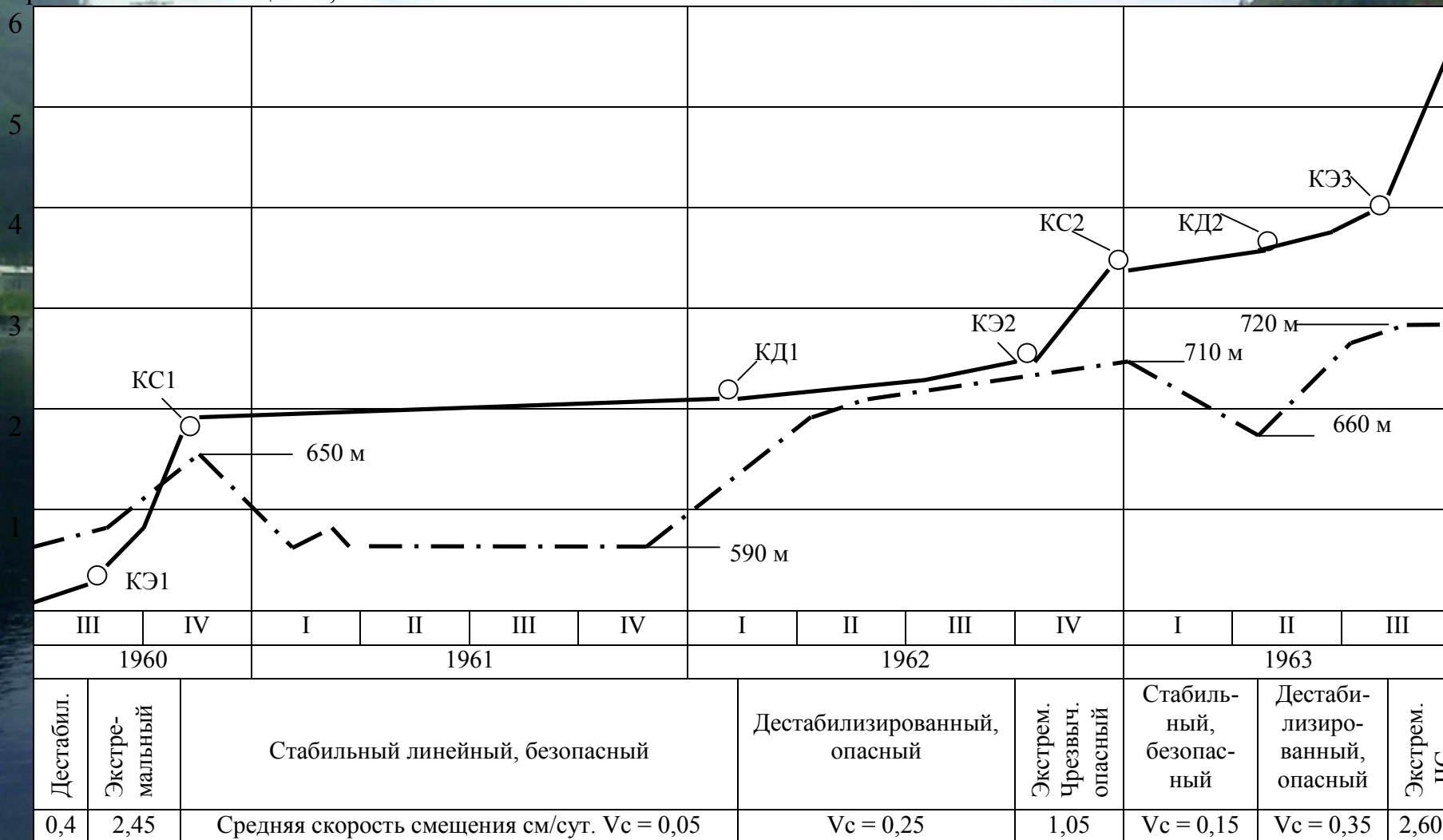
1 – кривая развития процесса во времени; 2 – флуктуации (колебания) развития;  
 3 – точки бифуркации; 4 – варианты развития процесса;  
 КС, КД, КЭ - критерии безопасности: КС – стабильности; КД – дестабилизации;  
 КЭ – экстремальности.



# Оценка опасности смещения скального оползня на берегу водохранилища Вайонт

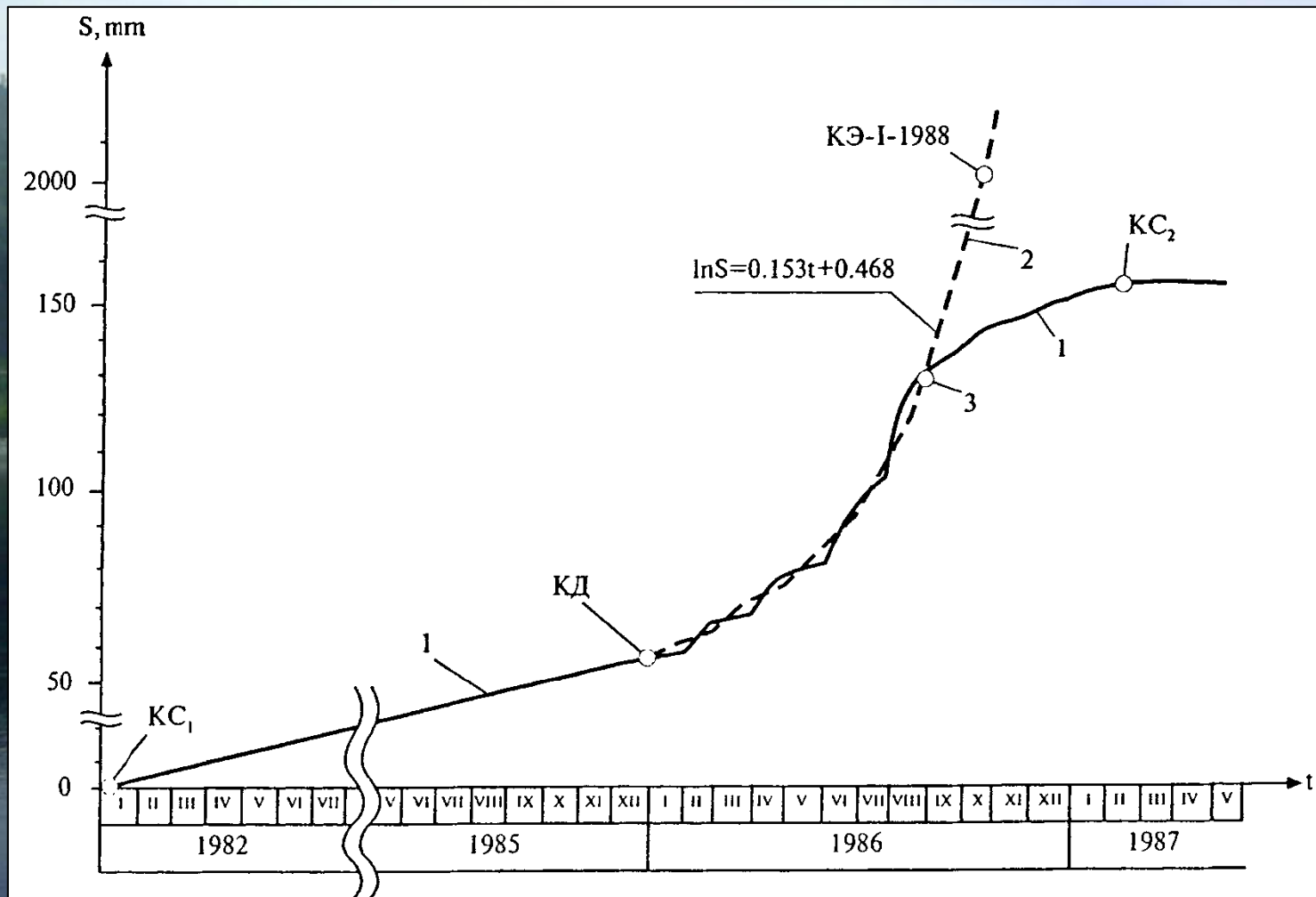
Критерий экстремальности КЭ до обрушения оползня был трижды превышен в результате поднятия уровня воды в водохранилище

Горизонтальные смещения, м



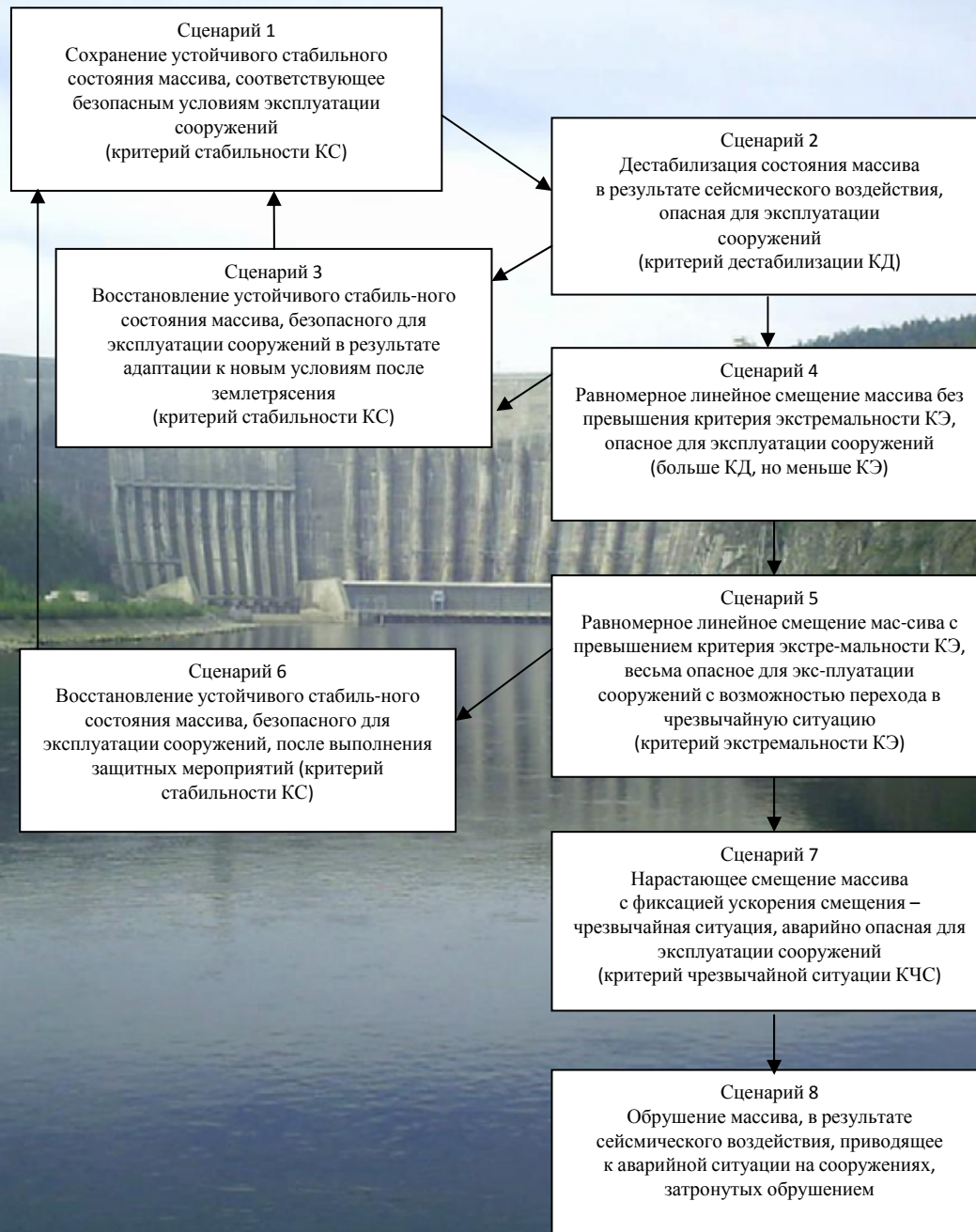


# Прогноз и предотвращение катастрофического смещения оползня на Загорской ГАЭС



1 - график суммарного смещения оползня  $S$  mm во времени  $t$ ;  
2 - прогнозный график смещения;  
 $KC$ ,  $КД$ ,  $КЭ$  - критерии стабильности, дестабилизации и экстремальности.







## Заключение

- 1 Авария на Саяно-Шушенской ГЭС стала результатом экстремального развития радиальной вибрации подшипника гидротурбины № 2.
- 2 Использование критериев безопасности развития процессов при наблюдениях за вибрацией на гидроагрегате № 2, могло бы, как представляется, предотвратить аварию на Саяно-Шушенской ГЭС.
- 3 Для обеспечения безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений следует использовать совместно критерии безопасности по состоянию сооружений К1 и К2 и по развитию опасных процессов КД и КЭ.





**Спасибо за внимание**