



РАДОН  
РОСАТОМ



# **«ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ИОДНЫХ СОРБЕНТОВ, ИМПРЕГНИРОВАННЫХ ИОДИДАМИ НЕКОТОРЫХ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ СОВМЕСТНО С ТЭДА»**

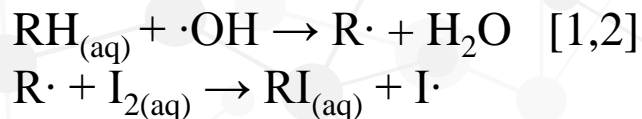
**Докладчик:** Фокин Дмитрий Андреевич

Сергиев Посад  
2023

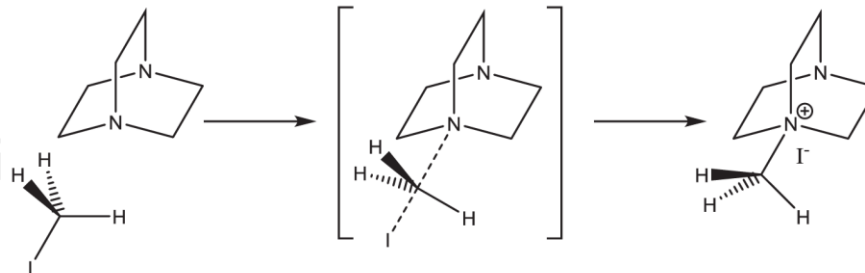
Нуклид	Период полураспада	Активность, Ки	Количество, г
$^{127}\text{I}$	Стабильный	–	$3,9 \cdot 10^1$
$^{128}\text{I}$	25,0 мин	$1,3 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^{-4}$
$^{129}\text{I}$	$1,57 \cdot 10^7$ лет	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^2$
$^{130\text{m}}\text{I}$	9,0 мин	$2,8 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
$^{130}\text{I}$	12,36 ч	$4,1 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
<b><math>^{131}\text{I}</math></b>	<b>8,04 сут</b>	<b><math>1,0 \cdot 10^6</math></b>	<b><math>8,0 \cdot 10^0</math></b>
<b><math>^{132}\text{I}</math></b>	<b>2,38 ч</b>	<b><math>1,4 \cdot 10^6</math></b>	<b><math>1,4 \cdot 10^{-1}</math></b>
<b><math>^{133}\text{I}</math></b>	<b>20,8 ч</b>	<b><math>1,8 \cdot 10^6</math></b>	<b><math>1,6 \cdot 10^0</math></b>
$^{134}\text{I}$	52,0 мин	$2,1 \cdot 10^6$	$7,9 \cdot 10^{-2}$
<b><math>^{135}\text{I}</math></b>	<b>6,59 ч</b>	<b><math>1,6 \cdot 10^6</math></b>	<b><math>4,7 \cdot 10^{-1}</math></b>
$^{136}\text{I}$	83 с	$6,4 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^{-4}$
$^{137}\text{I}$	24,2 с	$1,7 \cdot 10^6$	$4,7 \cdot 10^{-4}$
$^{138}\text{I}$	6,3 с	$1,6 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
$^{139}\text{I}$	2,3 с	$1,3 \cdot 10^6$	$3,3 \cdot 10^{-5}$

**Количество и радиоактивность нуклидов йода, образующихся в 1 т  
ОЯТ реактора типа ВВЭР при средней глубине выгорания 45  
ГВт·сут/т**

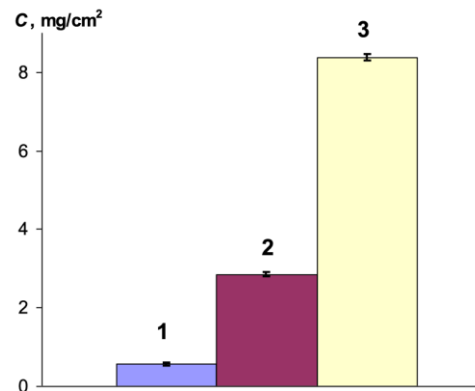
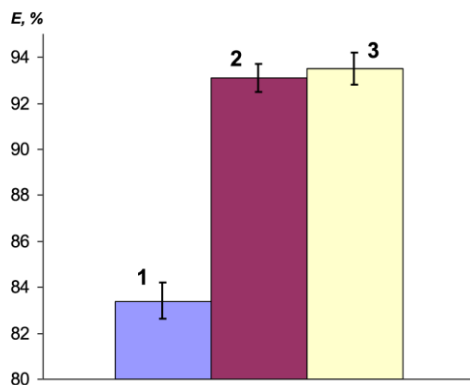
# Введение



## Реакция образования метилйодида



## Реакция TEDA и $\text{CH}_3\text{I}$



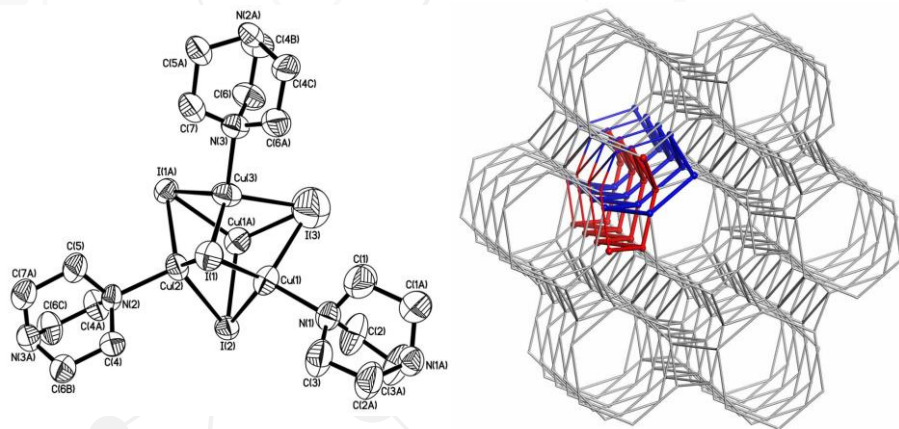
### 1 – $\text{BaI}_2$ ; 2 - TEDA; 3 – $\text{BaI}_2$ +TEDA

1. Organisation for Economic Co-operation and Development. Insights into the Control of the Release of Iodine, Cesium, Strontium and other Fission Products in the Containment by Severe Accident Management // Nuclear Energy Agency Committee On The Safety Of Nuclear Installation. March 2000. Vol. 9. pp. 54-65.

2. Weber C.F., Beahm E.C., Kress S.T. MODELS OF IODINE BEHAVIOR IN REACTOR CONTAINMENTS // Computing and Telecommunications Division at Oak Ridge National Laboratory. October 1992. Vol. 24. No. 15. pp. 22-48.

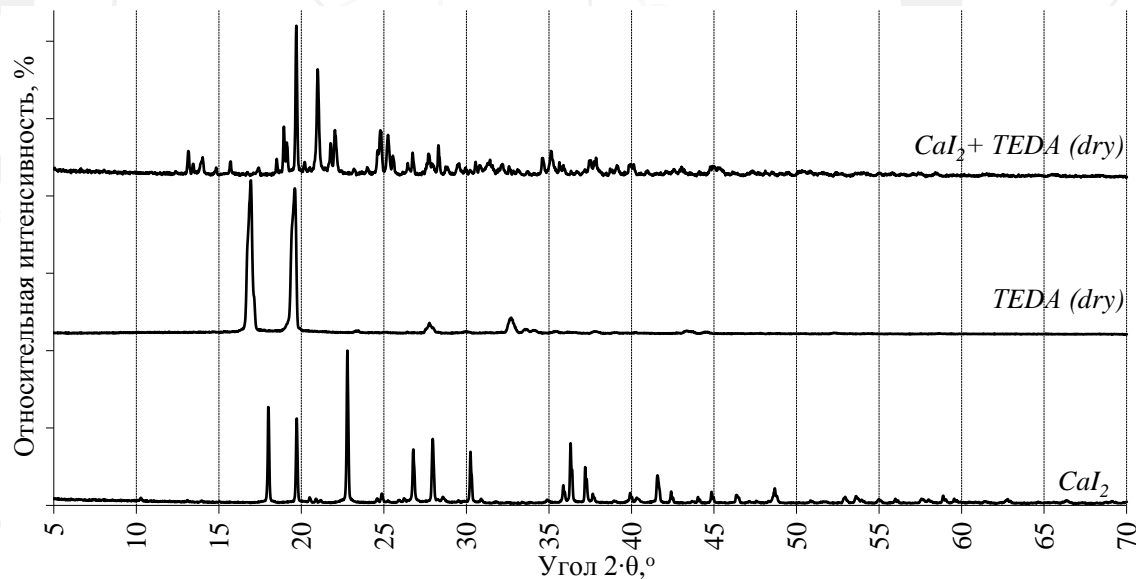
# Введение

Наиболее вероятная структура молекулы  $\text{Cu}_4\text{I}_4(\text{ТЭДА})_4$  (слева) и структура  $6^6$  с выделенными шестичленными цепями самопроникновения (справа) [3]



Гравиметрическое исследование смеси  $\text{MeI}_x + \text{ТЭДА}$  после нагревания

Состав смеси	Масса смеси до нагрева, г	Масса йодида, г	Масса ТЭДА, г	Масса навески после нагрева, г
$\text{BaI}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{TEDA}$	0.883	0.353	0.530	0.422
$\text{SrI}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{TEDA}$	0.852	0.341	0.511	0.424
$\text{CaI}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + \text{TEDA}$	0.845	0.338	0.507	0.483



**РФА-дифрактограммы  
сверху вниз:  
 $\text{CaI}_2 + \text{ТЭДА}$ ;  
 $\text{ТЭДА}$ ;  
 $\text{CaI}_2$ .**

# Цели и задачи

---

**Целью** данной научно-исследовательской работы является изучение сорбционной способности угольных сорбентов на основе активированного угля АГ-3, импрегнированного йодидами Ba, Sr и Ca совместно с ТЭДА.

Для достижения цели в настоящей работе поставлены следующие **задачи**:

1. Приготовить партии сорбентов на основе активированного угля АГ-3, содержащих йодид щелочноземельного металла и ТЭДА в мольном отношении 1:1.
2. Провести испытания полученных образцов на контрольно-исследовательском йодном стенде с меченым изотопом йода-131 метилйодидом и рассчитать индекс сорбционной способности.
3. Изучить влияние влажности на сорбционную способность исследуемых сорбентов.
4. Сравнить сорбционные способности сорбентов после их температурной выдержки при температуре 130 °С.

# Методика исследования

## Импрегнирование активированного угля

Сорбент*	Массовый состав импрегнанта	Мольные соотношения
АГ-3 1% $\text{BaI}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ + 0.27% TEDA	2.5 г. ( $\text{BaI}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) + 0.675 г. (TEDA)	1 : 1
АГ-3 1% $\text{SrI}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0.30% TEDA	2.5 г. ( $\text{SrI}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) + 0.750 г. (TEDA)	1 : 1
АГ-3 1% $\text{CaI}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ + 0.31% TEDA	2.5 г. ( $\text{CaI}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) + 0.775 г. (TEDA)	1 : 1
АГ-3 1% $\text{BaI}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.5 г. ( $\text{BaI}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )	-
АГ-3 0.27% TEDA	0.775 г. (TEDA)	-

\* Масса навески угля для всех сорбентов составила 250 г.



# Методика исследования

## Условия проведения эксперимента

Сорбент	$Q_{\text{вх}}$ , л/мин	$C_{\text{СН}_3\text{I}}$ , мг/м <sup>3</sup>	$\tau_{\text{контр}}$ , с	$t_{\text{кол}}$ , °С	$\phi_{\text{кол}}$ , %
BaI <sub>2</sub> +TEDA	7.2	54.9±10	0.25	30	20 80
SrI <sub>2</sub> +TEDA	7.1	48.8±10			
CaI <sub>2</sub> +TEDA	7.4	36.8±10			
TEDA	6.7	53.4±10			
BaI <sub>2</sub>	6.6	41.6±10			
Уголь АГ-3	6.8	51.0±10			



**Секционная колонка**



**Аппаратное оформление йодного стенда**

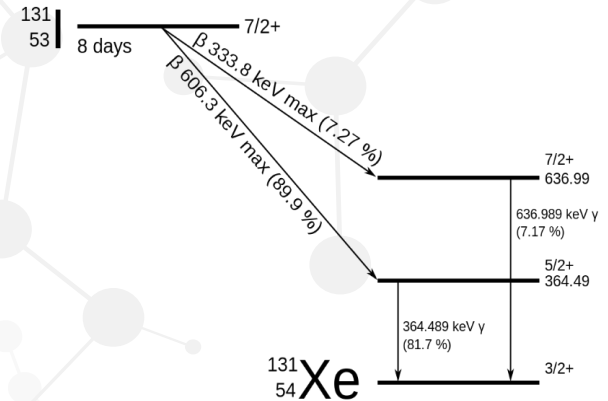


# Методика исследования Радиометрия

## Гамма-спектрометрический комплекс "Мультирад-гамма"

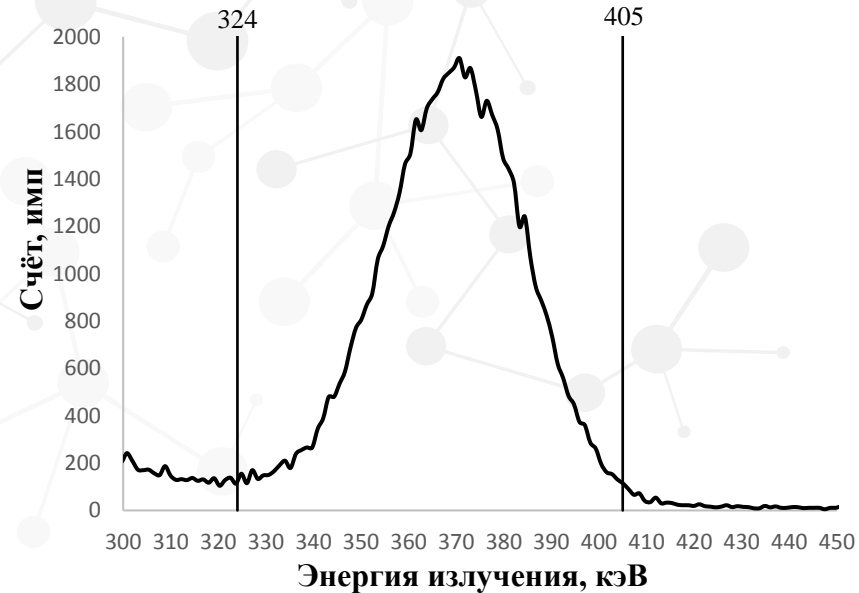


Радиометрию проводили в одинаковой геометрии с погрешностью измерения не более 5%.



$$E_{\gamma} = 364,5 \text{ кэВ}$$

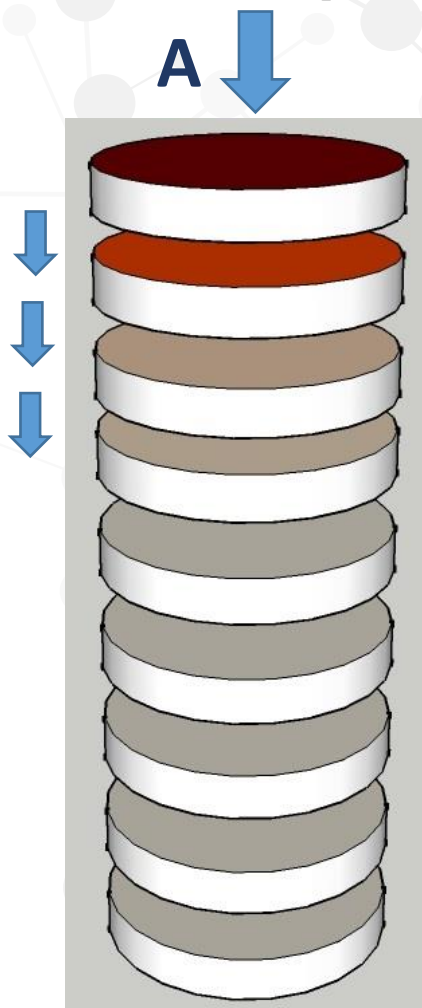
### Гамма-спектрометрия $\text{CH}_3^{131}\text{I}$



# Методика исследования

## Расчёт индекса сорбционной способности $\alpha$

Индекс  $\alpha$  определяется на основании послойного распределения концентрации (активности) метилйодида вдоль слоя активированного угля



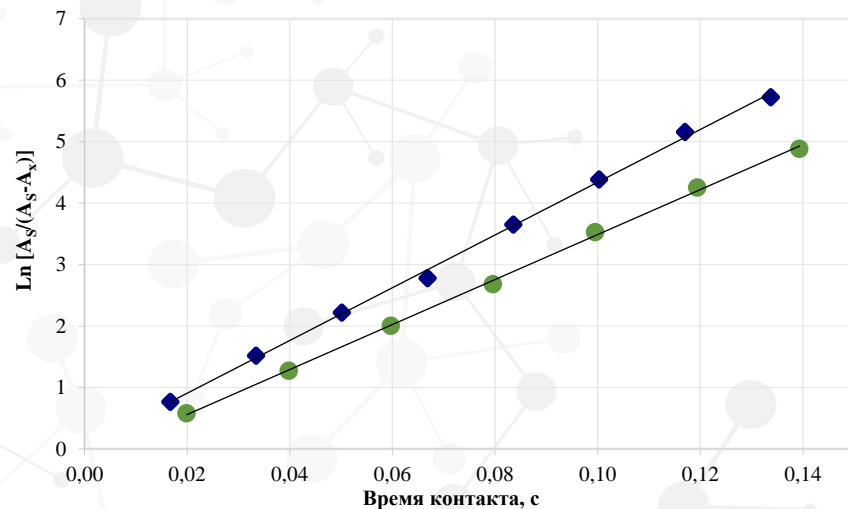
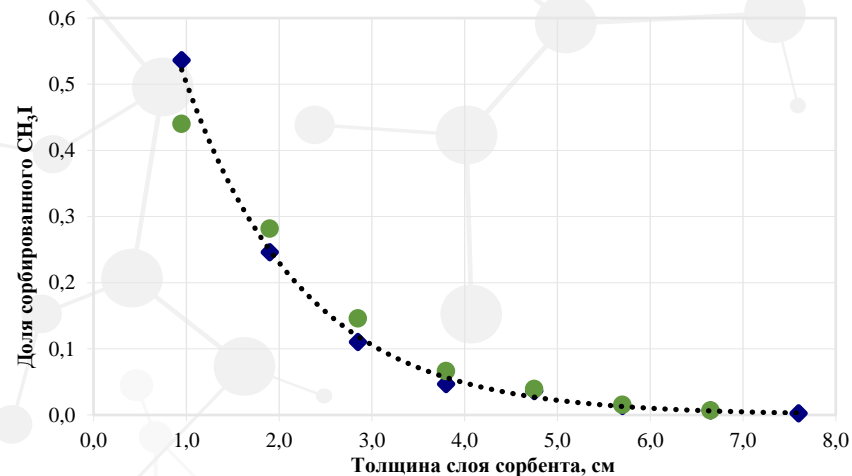
$A_{\text{сорб1}}$

$A_{\text{сорб2}}$

$A_{\text{сорб3}}$

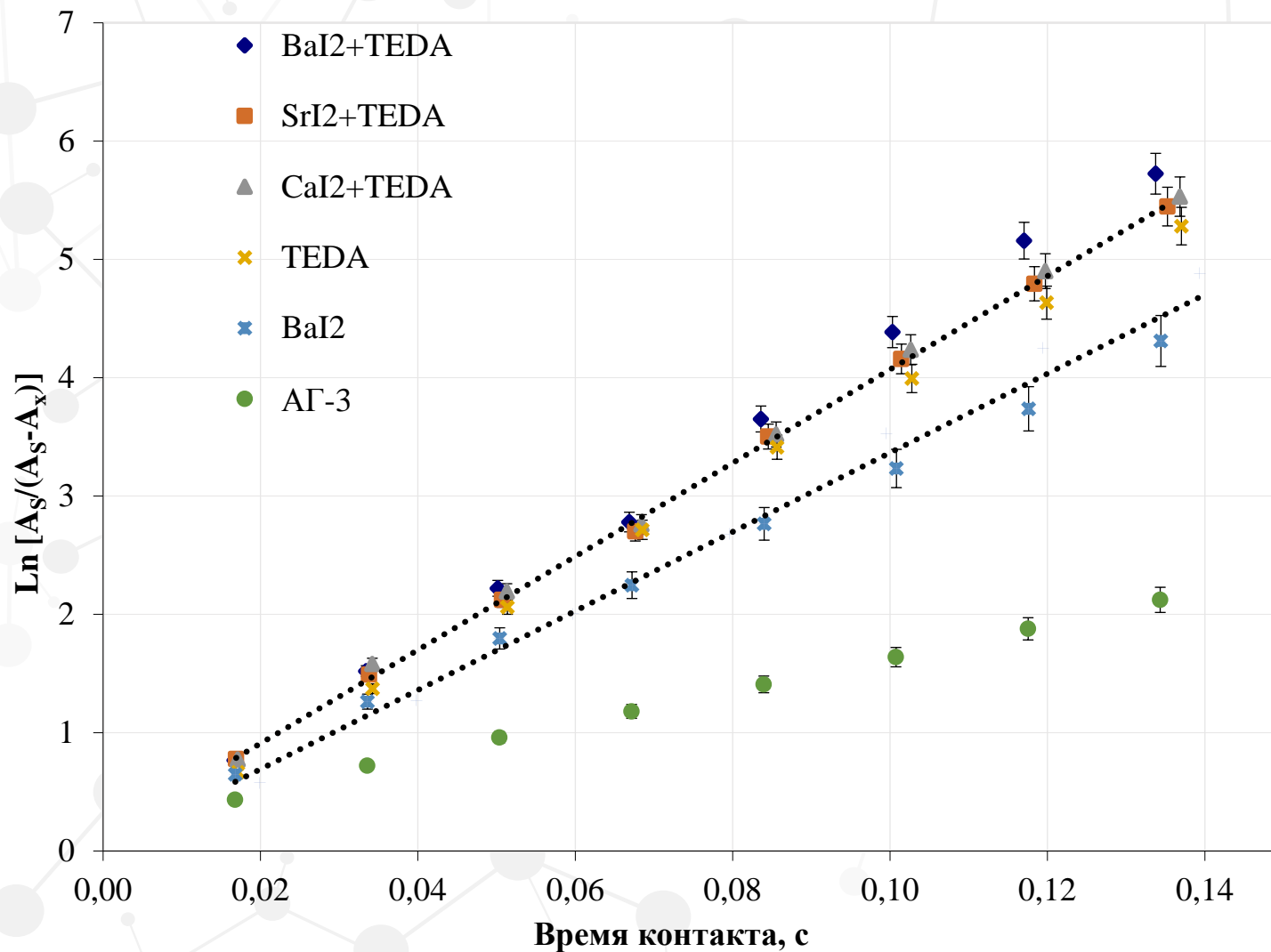
$$\ln \frac{A}{A - A_{\text{сорб}}} = \alpha \cdot \tau$$

где  $A$  – общая активность (количество) радиоактивного метилйодида, поступившая в колонку с сорбентом;  $A_{\text{сорб}}$  – активность (количество) метилйодида, сорбированная в колонке;  $\tau$  – время контакта газового потока, проходящего в свободном (межзерновом) пространстве слоя сорбента.



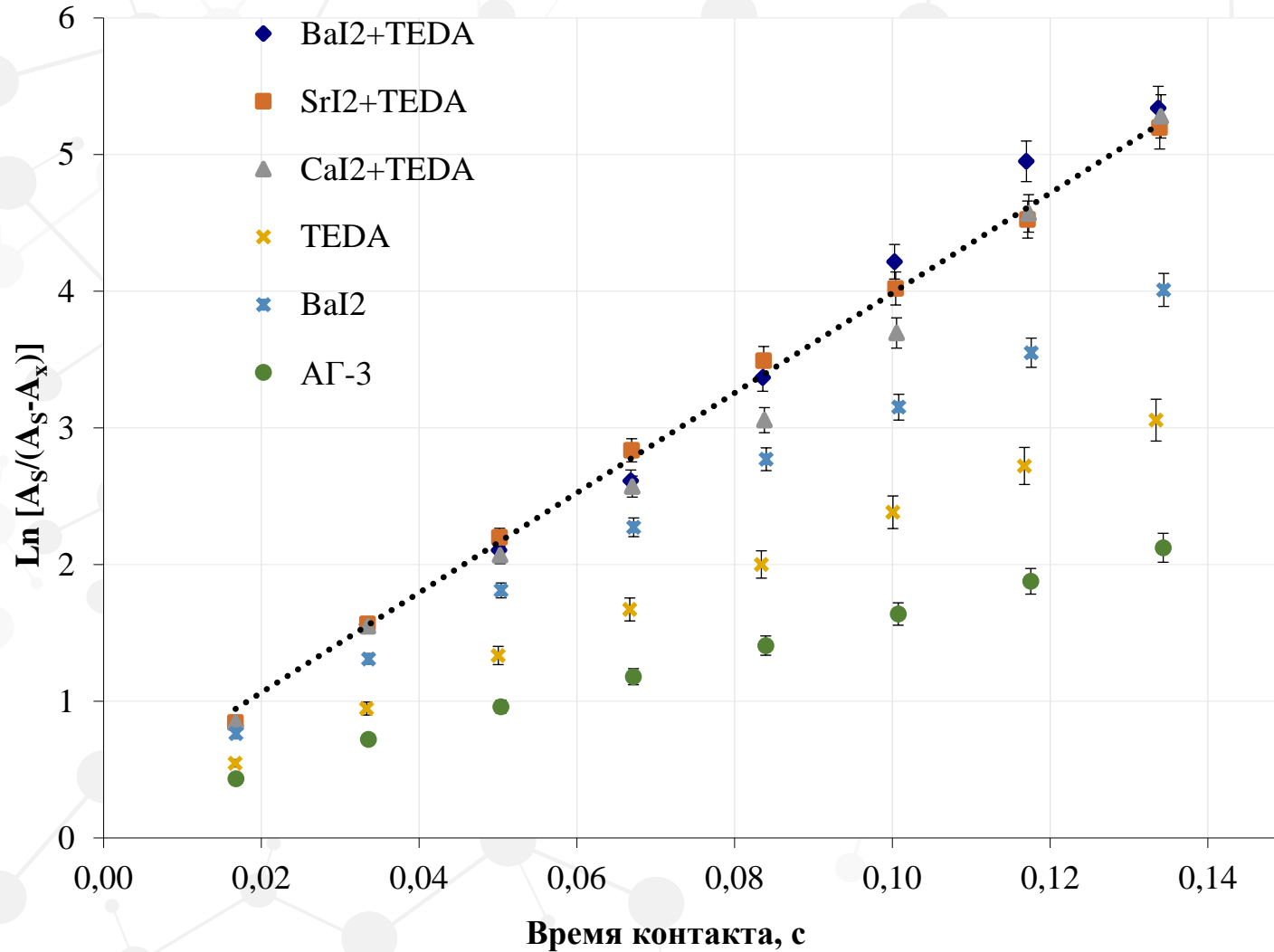
# Результаты эксперимента

## Сорбция $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ ( $\phi_{\text{КОЛ}} = 20\%$ , $t_{\text{КОЛ}} = 30^\circ\text{C}$ )



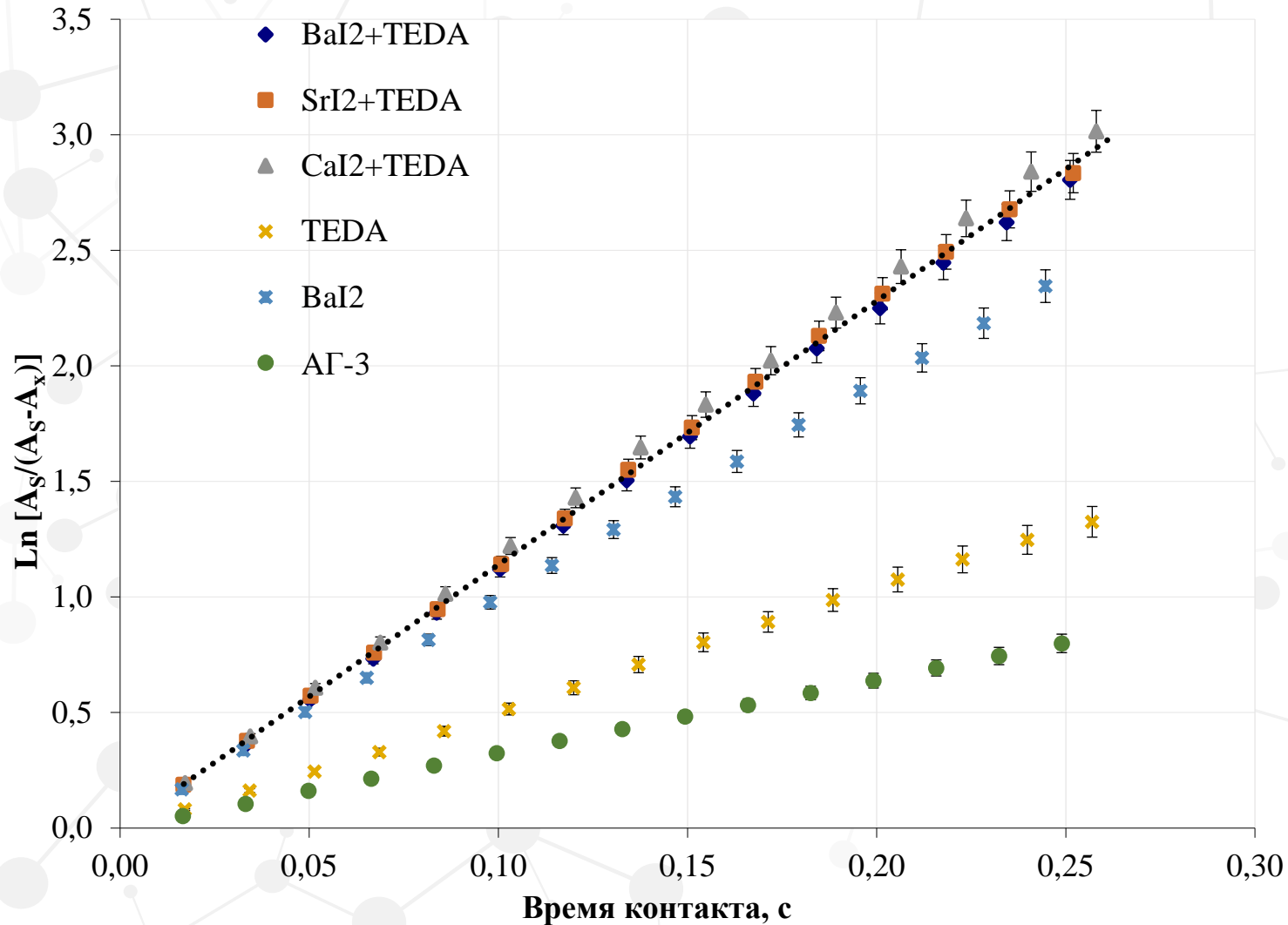
# Результаты эксперимента

## Сорбция $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ ( $\phi_{\text{кол}} = 20\%$ , $t_{\text{кол}} = 30^\circ\text{C}$ , термообработка)



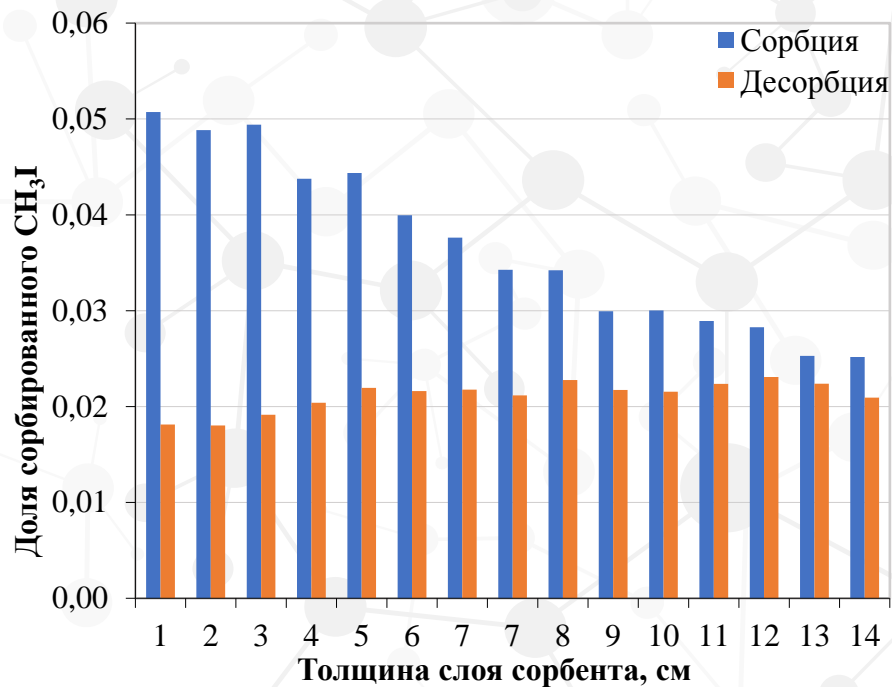
# Результаты эксперимента

## Сорбция $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ ( $\phi_{\text{КОЛ}} = 80\%$ , $t_{\text{КОЛ}} = 30^\circ\text{C}$ )

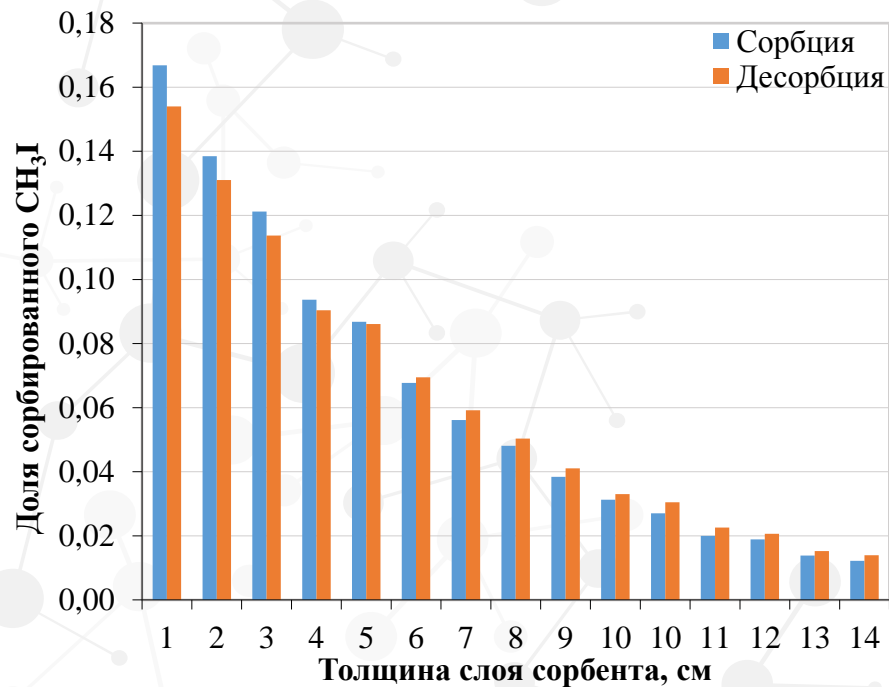


# Результаты эксперимента

## Десорбция $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ ( $\phi_{\text{кол}} = 80\%$ , $t_{\text{кол}} = 30^\circ\text{C}$ )



**Десорбция  $\text{CH}_3\text{I}$  с поверхности неимпрегнированного угля АГ-3**



**Десорбция  $\text{CH}_3\text{I}$  с поверхности угля, импрегнированного  $\text{BaI}_2 + \text{TEDA}$**

# Результаты эксперимента

## Индекс сорбционной способности

Сорбент	Индекс сорбционной способности, с-1 ( $\phi_{\text{кол}}=20\%$ )	Индекс сорбционной способности, с-1 ( $\phi_{\text{кол}}=20\%$ ) после термообработки	Индекс сорбционной способности, с-1 ( $\phi_{\text{кол}}=80\%$ )
BaI <sub>2</sub> +TEDA	43.4±1.3	41.1±1.2	11.2±0.3
SrI <sub>2</sub> +TEDA	40.7±1.2	40.0±1.2	11.4±0.3
CaI <sub>2</sub> +TEDA	41.0±1.2	38.3±1.1	11.8±0.3
TEDA	39.0±1.2	23.8±0.7	5.2±0.1
BaI <sub>2</sub>	32.4±1.0	31.4±1.0	9.7±0.3
Уголь АГ-3	16.5±0.5	16.5±0.5	3.2±0.1

# Выводы

1. На аттестованном йодном стенде РХТУ им. Д.И. Менделеева проведены испытания сорбентов на основе активированного угля АГ-3, импрегнированного йодидами Ba, Sr и Ca совместно с ТЭДА, в соответствии с ГОСТ Р 54443-2011.
2. Рассчитанные значения индексов сорбционной способности показали, что эффективность улавливания радиоактивного метилйодида углем с комбинированным импрегнантом ( $\text{MeI}_2 + \text{ТЭДА}$ ) сопоставима друг с другом и превосходит эффективность образцов, импрегнированных  $\text{BaI}_2$  и ТЭДА отдельно.
3. Установлено существенное снижение сорбционной способности всех сорбентов в условиях повышенной влажности.
4. Отмечено значительное влияние термической обработки на сорбент, импрегнированный ТЭДА с одной стороны, и термическую стойкость сорбентов с комбинированным импрегнантом с другой.
5. Проведен ряд испытаний, подтверждающих процесс физической адсорбции на неимпрегнированном активированном угле и необратимой хемосорбции и изотопного обмена на сорбентах, импрегнированных химическими соединениями.





**Спасибо за внимание**