

Аммонийный азот, являясь первичным загрязнителем, окисляется до нитратов и нитритов, неблагоприятно влияющих на здоровье человека и окружающую среду. Аммонийный азот с высокой эффективностью удаляется из воды с помощью цеолитов, которые являются природными катионообменными материалами. Обменные катионы (например,  $\text{Na}^+$ ), расположенные в полостях цеолита, легко замещаются в водных растворах солей на ион аммония. Удаление же анионов (нитритов, нитратов) из воды с помощью цеолитов возможно только после их модифицирования.

Целью работы являлось исследование возможности использования природного цеолита для удаления из сточных вод азотсодержащих веществ.

Для исследований взяли сахаптинский цеолит. С помощью рентгенофазового анализа определили, что основной фазой является клиноптилолит (45–50 %). Наличие характерных для фазы клиноптилолита структурных групп в образце сахаптинского цеолита также установлено методом инфракрасной спектроскопии. Для проведения исследований по удалению веществ из воды использован модельный раствор с концентрацией ионов  $\text{NH}_4^+$  2,9 мг/л,  $\text{NO}_2^-$  2,5 мг/л,  $\text{NO}_3^-$  90 мг/л,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  2 мг/л. После пропускания раствора через фильтр с цеолитовой загрузкой (70 мл) осуществляли отбор проб для анализа через каждые 200 мл. Цеолит предварительно был переведен в Na-форму обработкой раствором хлорида натрия. Концентрацию примесей в растворе определяли фотоколориметрическим методом. Результаты эксперимента представлены на рис. 1. Эффективность удаления ионов аммония составила ~90 %,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  – 96 %. Удаление нитратов в условиях данного эксперимента не наблюдалось.

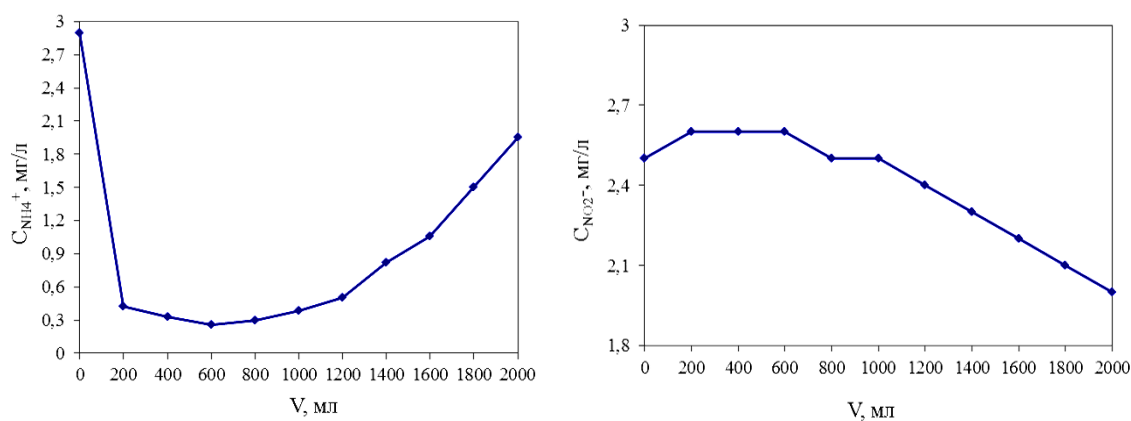


Рис. 1. Зависимость концентрации аммонийного азота (а) и нитритов (б) в фильтрате от объема отфильтрованной воды

Эффективность удаления нитритов достигает 20 %, причем снижение концентрации нитритов начинается после пропускания через фильтр ~1000 мл раствора и может быть связано с насыщением цеолита ионами железа.

Таким образом, в ходе проведенных исследований была показана возможность использования природного цеолита для очистки воды от нитрит-ионов после предварительного модифицирования цеолита ионами железа. Для выяснения механизма удаления нитритов необходимо проведение дальнейших детальных исследований.

## Исследование артефактов немоноэнергетичности и рассеяния в компьютерной томографии неоднородных объектов с осевой симметрией

Осипов Сергей Павлович

Мирзоев Хуснидин Джамолуддинович

Осипов Олег Сергеевич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

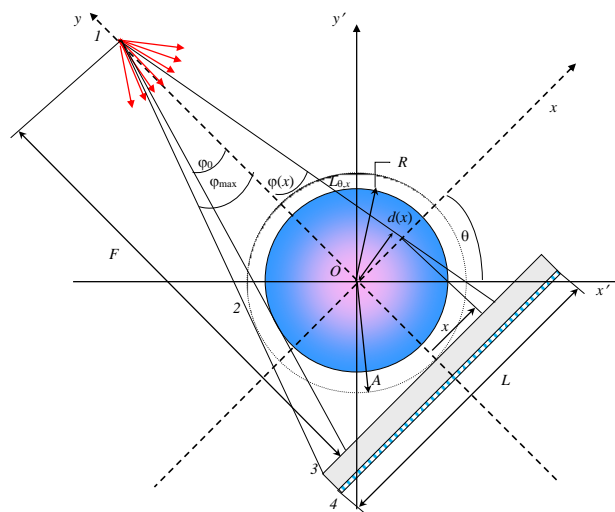
Научный руководитель: Осипов Сергей Павлович, к.т.н.

E-mail: osip1809@rambler.ru

Наиболее значимые артефакты в компьютерной томографии (КТ) связаны с немоноэнергетичностью рентгеновского излучения и с рассеянием фотонов материалом объекта

контроля (ОК) [1–3]. Особую важность исследования артефактов в КТ приобрели в последнее десятилетие, что связано с трансформацией КТ из средств визуализации в средства измерений [4]. Численное моделирование артефактов [5], обусловленных физическими факторами, в КТ занимает особое место, так как экспериментально оценить влияние фактора на качество контроля и измерений затруднительно в силу ограниченности материальных ресурсов. Существует ряд осесимметричных объектов, отказ которых в процессе эксплуатации приводит к прекращению или нарушениям функционирования систем с последующими нарушениями экологической, промышленной, радиационной безопасности. Упомянутые выше объекты могут иметь однородную и неоднородную структуру. Примером таких ОК являются шаровые и кольцевые тепловыделяющие элементы, стальные трубы в оболочках, аккумуляторы значительной энергоёмкости. В литературе недостаточно рассмотрены вопросы реализуемости задач проектирования систем КТ для контроля анализируемых объектов с учётом артефактов немоноэнергетичности и рассеяния. Для решения указанных вопросов необходимо разработать обобщённую математическую модель оценки артефактов в КТ применительно к контролю объектов с осевой симметрией.

На рис. 1 приведена схема формирования проекций  $P(\theta, x)$  в КТ. Спецификой ОК является  $P(\theta, x) \approx P(x)$ .



1 – источник излучения; 2 – ОК; 3 – радиационно-оптический преобразователь; 4 – фотоприёмник  
Рис.1 Схема формирования проекций в компьютерной томографии

В качестве основы математической модели оценки артефактов в КТ может быть искажение проекции  $P(x)$  негативным фактором  $\Phi$  в  $P_\Phi(x)$  и формирование оценки информативного параметра  $q_\Phi(x)$ . Сравнение отклонений  $\Delta q(x) = |q_\Phi(x) - q(x)|$  с заданной погрешностью  $\varepsilon$ , приемлемость уровня артефакта – "+", неприемлемость – "-". Неприемлемость уровня  $\Phi$  приводит к необходимости технических воздействий для снижения  $\Delta q$ . Формализация предложенного подхода к оценке артефактов имеет вид

$$P(x) \otimes \Phi = P_\Phi(x), |x| \leq A \Rightarrow q_\Phi(x, y) = F^{-1}(P_\Phi(x), |x| \leq A) \Rightarrow \Delta q(x) = |q_\Phi(x) - q(x)| > \varepsilon, "-" \vee < \varepsilon, "+" . \quad (1)$$

где  $F^{-1}$  – обратное преобразование Абея или его приближение.

Разработан алгоритм и программа оценки артефактов немоноэнергетичности и рассеяния в КТ методом численного моделирования.

Список публикаций:

- [1] Завьялкин Ф. М., Осипов С. П. // Дефектоскопия. 1989. № 11. С. 8.
- [2] Hsieh J. *Computed tomography: principles, design, artifacts, and recent advances* // Bellingham, WA : SPIE, 2009.
- [3] Gao H. F., Jia S., Fu G. // *Medical Imaging 2019: Physics of Medical Imaging. International Society for Optics and Photonics. 2019. Vol. 10948. № 1094832.*
- [4] Tan Y. *Scanning and post-processing parameter optimization for CT dimensional metrology. Diss. Ph.D.: Belgium: KU Leuven, 2015.*
- [5] Zaidi H., Ay M. R. // *Medical & biological engineering & computing. 2007. Vol. 45(9). P. 809.*