

**Аспирант 2 года обучения Филинкова Марина Сергеевна
лаборатории физики высоких давлений**

Научный руководитель – д.ф.-м.н. Медведева Ирина Владимировна

Специальность 1.3.12 – физика магнитных явлений

Тема работы – Разработка научных основ магнитной сепарации наночастиц из водных растворов

Задача текущего года

- Исследовать магнитную фильтрацию магнитных наночастиц Fe-C.
- Исследовать магнитную фильтрацию микропластика из водных сред, используя магнитные семена Fe-C-NH₂.
- Изучить возможность применения магнитной седиментации для прекоцентрирования микропластика из проб воды.
- Изучить влияние геометрических параметров магнитной системы на распределение магнитного поля в магнитном сепараторе с плоскопараллельными постоянными магнитами для магнитной седиментации наночастиц в воде.

**Аспирант 2 года обучения Филинкова Марина Сергеевна
лаборатории физики высоких давлений**

Результаты, полученные в текущем году

- Проведена аттестация суспензий наночастиц Fe-C, микропластика PET и смеси частиц PET и Fe-C-NH₂;
- Проведены эксперименты по магнитной фильтрации наночастиц Fe-C, микропластиков PET в присутствии магнитных агентов Fe-C-NH₂;
- Определено влияние концентрации магнитных наночастиц в суспензии, времени, необходимого для гетероагрегации, на эффективность магнитной предварительной концентрации;
- Проведено моделирование магнитных сепараторов для процесса седиментации в программе Comsol Multiphysics;
- Разработан критерий эффективности магнитных сепараторов;
- Проведена оценка влияния ширины магнитных и магнитомягких элементов магнитного устройства на критерий эффективности.

**Аспирант 2 года обучения Филинкова Марина Сергеевна
лаборатории физики высоких давлений**

Апробация работы

Статьи

1. I. A. Bakhteeva, I. V. Medvedeva, M. S. Filinkova, I. V. Byzov, A. S. Minin, S. V. Zhakov, M. A. Uimin, E. I. Patrakov, S. I. Novikov, A. Yu. Suntsov, A. M. Demin Removal of microplastics from water by using magnetic sedimentation // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2023. – (Scopus, WOS)
2. I.A. Bakhteeva, I.V. Medvedeva, M.S. Filinkova, I.V. Byzov, M.A. Uimin, E. Tseitlin Magnetic nanoparticles for monitoring microplastics pollution in the surface waters // Reliability: Theory and Applications. — 2022. — V. 17. — P. 458—463. (Scopus)
3. М. С. Филинкова, И. В. Медведева, С. В. Жаков, Ю.А. Бахтеева
Численное моделирование пространственного распределения магнитного поля в устройствах для магнитной седиментации наночастиц из водных сред // Физика металлов и металловедение. (отправлена в печать)

**Аспирант 2 года обучения Филинкова Марина Сергеевна
лаборатории физики высоких давлений**

Апробация работы

Тезисы

1. M.S. Filinkova, Iu.A. Bakhteeva, I.V. Medvedeva, I.V. Byzov, S.V. Zhakov, M.A. Uimin. Removal of nonmagnetic particles from water by using magnetic systems // VIII Euro-Asian Symposium Trends in MAGnetism (EASTMAG-2022), Kazan, 22-26 августа, 2022: Тез.докл.-Kazan: Zavoisky Physical-Technical Institute FRC Kazan SC RAS.- 429 с.
2. Филинкова М.С., Жаков С.В. Магнитные системы для осаждения наночастиц из водных сред // Двадцать седьмая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных (ВНКСФ 27), Екатеринбург, 3-6 апреля, 2023: Тез.докл. - 311-312 с.

Экзамены

Экзамен по иностранному языку

Сдан – «Отлично»

Экзамен по философии

Сдан – «Отлично»

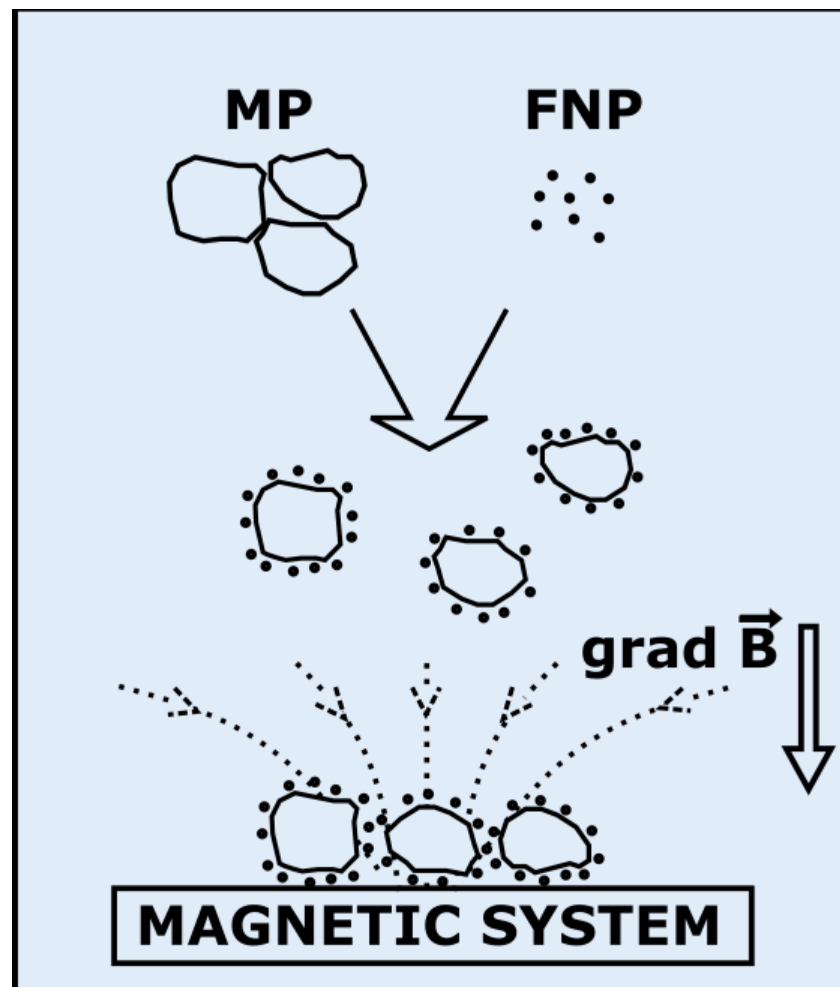
**Аспирант 2 года обучения Филинкова Марина Сергеевна
лаборатории физики высоких давлений**

Таблица показателей

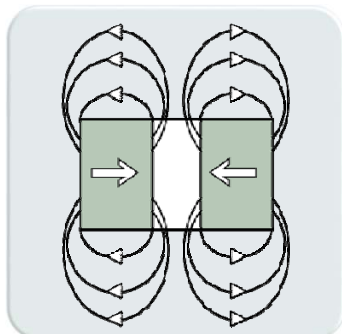
Показатель	Баллы	Кол-во	Сумма
публикации в изданиях ВАК (вышедшие из печати)	20	2	40
публикации в изданиях ВАК (принятые в печать)	5	1	5
свидетельство о программах для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке	20	0	0
патент	20	0	0
соавторство в монографии	5	0	0
оформленное ноу-хау	5	0	0
публикации в других изданиях (не тезисы)	2	0	0
тезисы доклада на международной конференции	5	1	5
тезисы доклада на российской конференции	3	1	3
участие в конференции с устным докладом	2	0	0
участие в конференции со стендовым докладом	1	2	2
сданный на «отлично» кандидатский экзамен	20	2	40
сданный на «хорошо» кандидатский экзамен	15	0	0
сданный на «удовлетворительно» кандидатский экзамен	10	0	0
участие в грантах в качестве: исполнителя	5	0	0
участие в грантах в качестве: руководителя	10	0	0
Общая сумма			95

Магнитная сепарация

- Процесс отделения слабомагнитной фракции от немагнитной с помощью градиента магнитного поля.
- Основные этапы процесса:
гетероагрегация,
магнетофорез

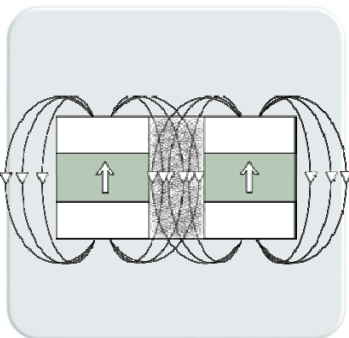


Виды магнитных сепараторов



ЛГМС (низкоградиентный магнитный сепаратор)

- процесс седиментации
- сборка из постоянных магнитов
- $dB/dz \leq 100$ Т/м
- Вставки из магнитомягкой стали



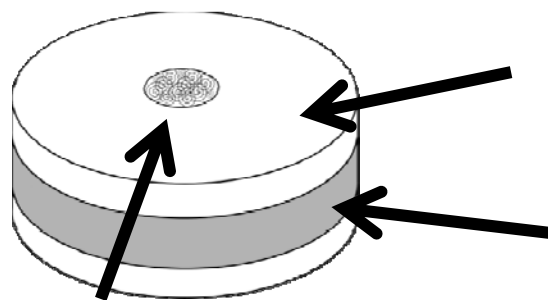
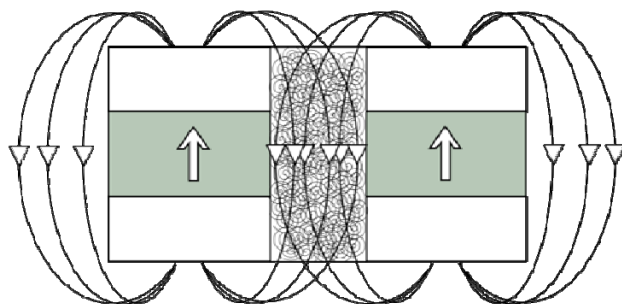
ВГМС (высокоградиентный магнитный сепаратор)

- процесс фильтрации
- сборка из электромагнитов или постоянных магнитов
- $dB/dz > 100$ Т/м
- Наполнитель из стальной шерсти

Магнитная фильтрация

ВГМС (фильтр)

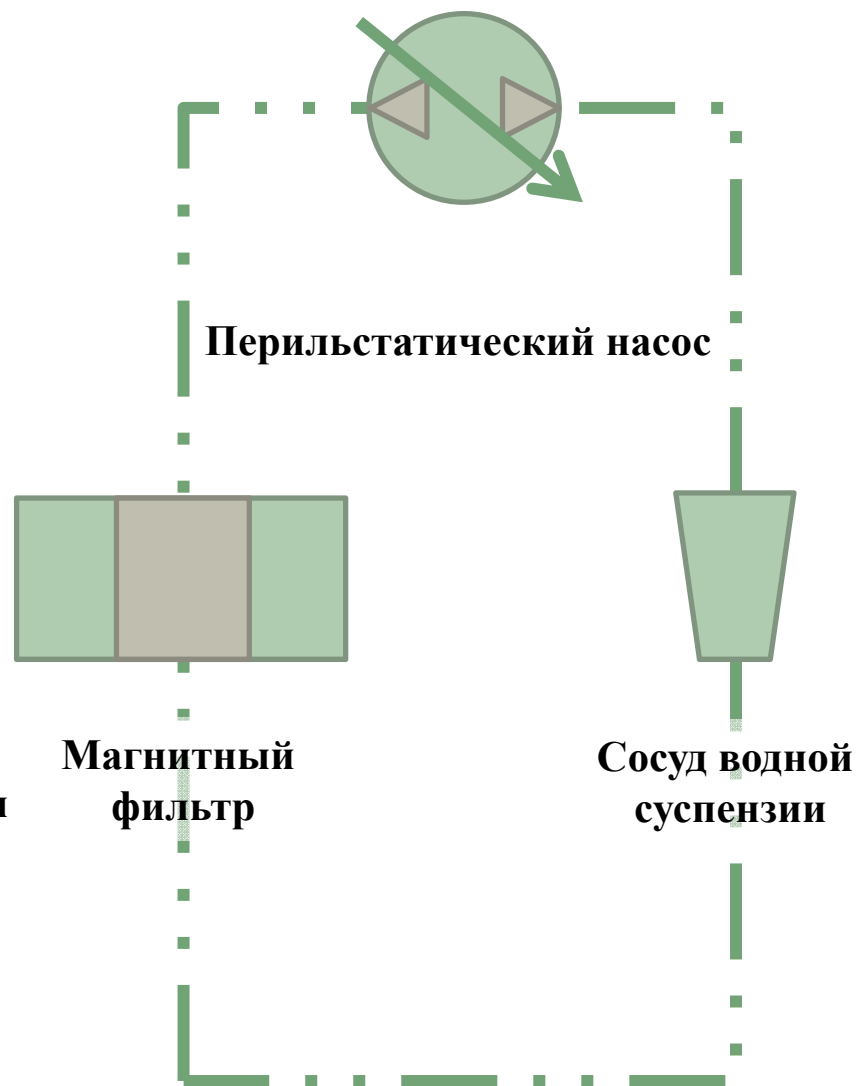
- NdFeB магнит
- $B_{\max} = 1,2\text{T}$
- $dB/dz \leq 2-3 \cdot 10^4 \text{ T/m}$
- Наполнитель из стальной шерсти



Магнитная матрица
(стальная шерсть)

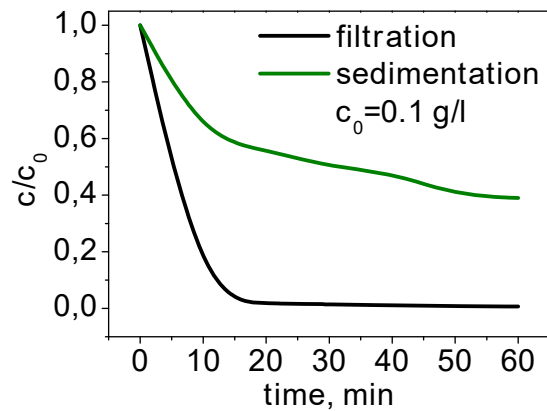
Магнитомягкая
сталь

Постоянный
магнит
NdFeB



Магнитная фильтрация наночастиц Fe-C

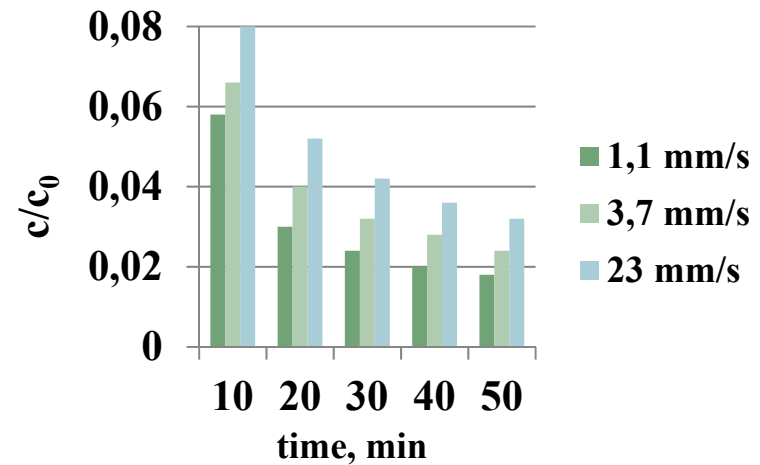
Временная зависимость остаточной концентрации наночастиц Fe-C в воде



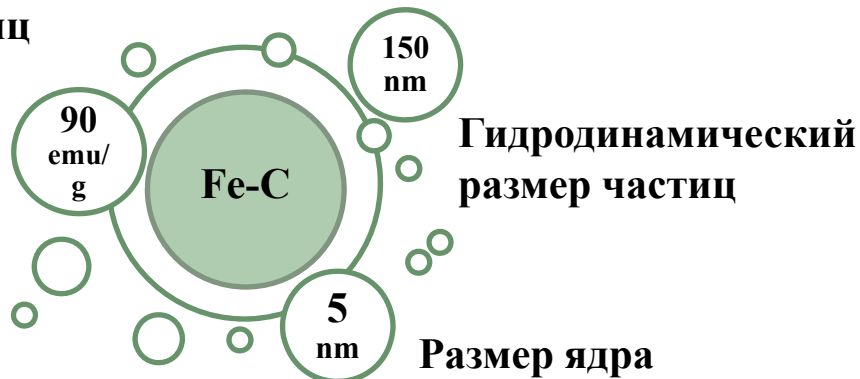
Фильтрация



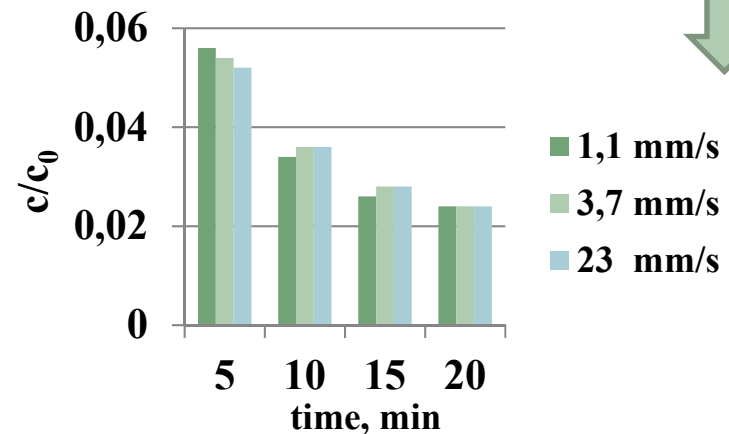
Влияние скорости потока суспензии ($c_0 = 0,05 \text{ g/l}$)



Намагниченность ядра частиц

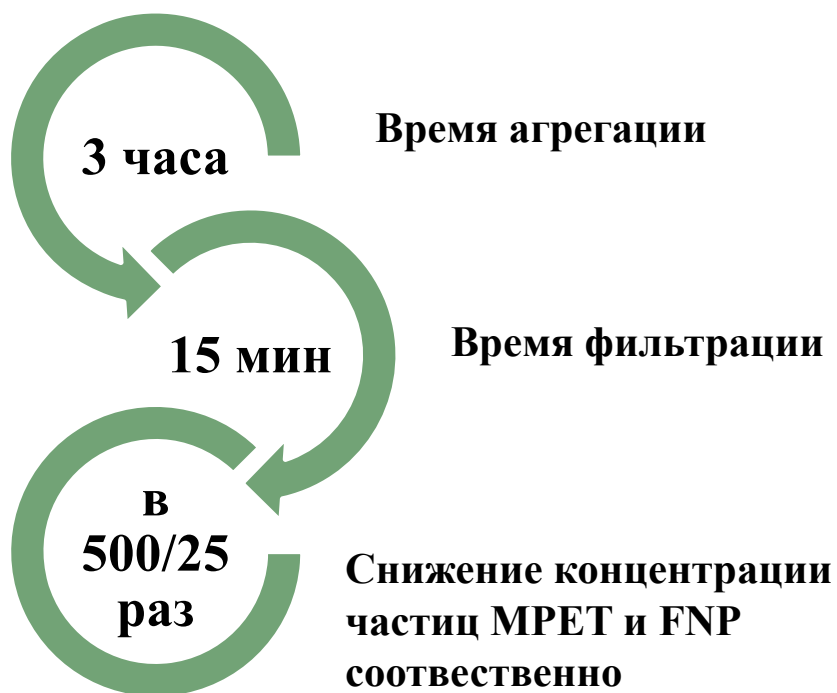
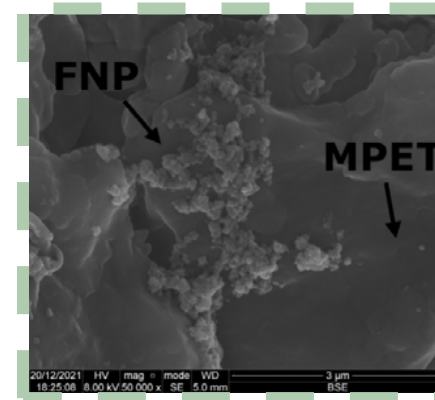


Влияние времени выдержки в магнитном поле



Магнитная фильтрация микропластика

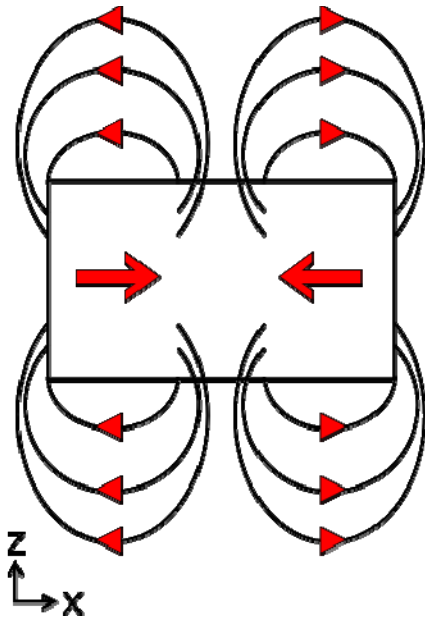
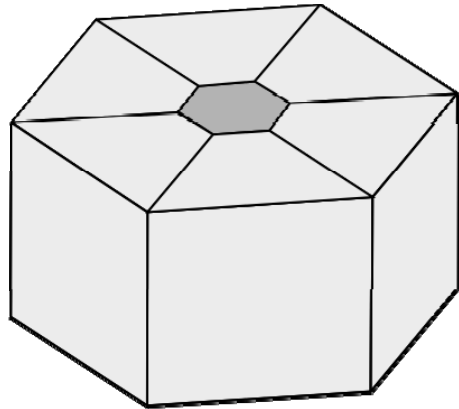
Соотношение частиц	$d_h, \mu\text{m}$	ξ, mV (pH=6.6)	УЗ обработка, мин
$(\text{PET})_{0,995}(\text{Fe-C-NH}_2)_{0,005}$	10	5 ± 1	5



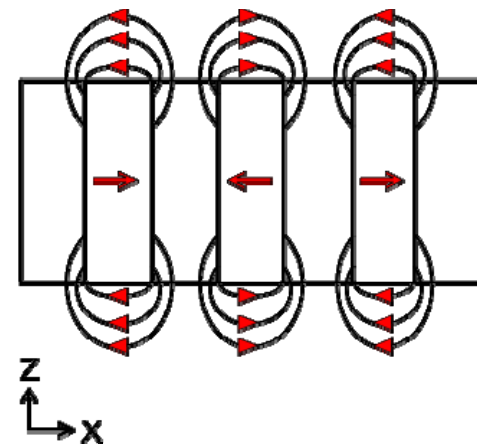
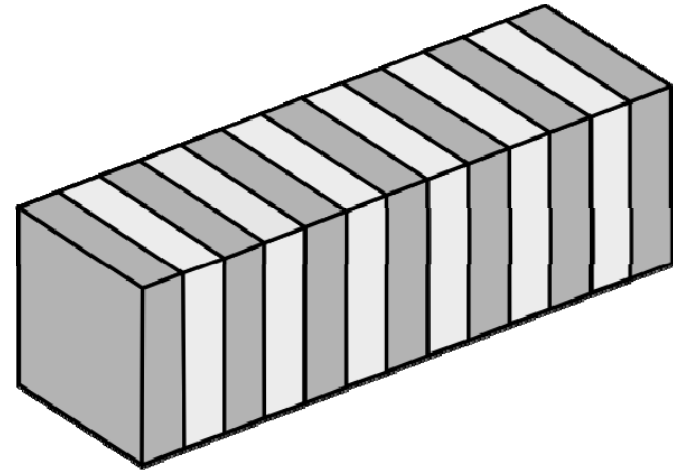
Тип частиц	PET (MPET)	Fe-C-NH ₂ (FNP)
Форма	пластины	сферы
$d, \mu\text{m}$	5-30	0,01
$d_h, \mu\text{m}$	5-30	0,13-0,17
ξ, mV	-29±3	30±3

НГМС

Радиальные



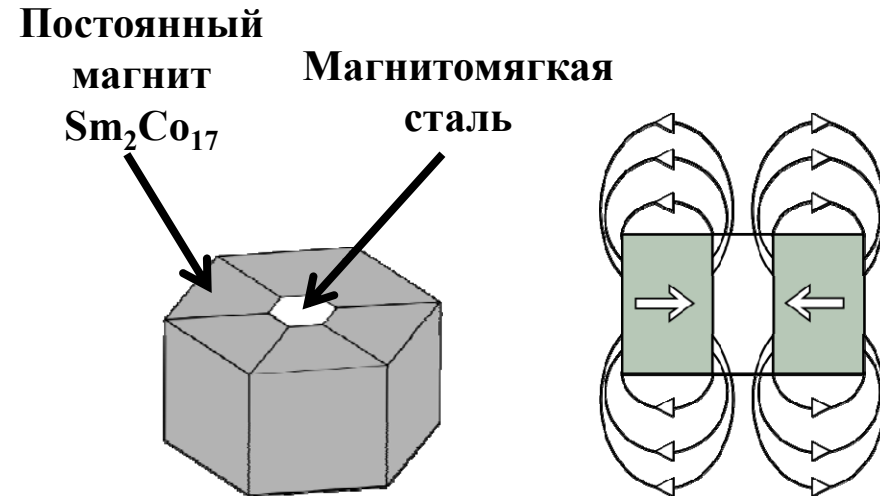
Плоскопараллельные



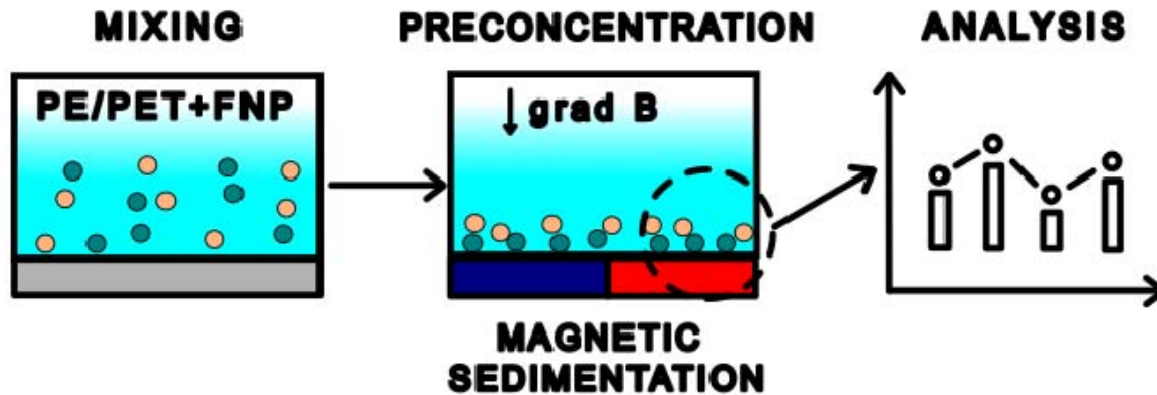
Прекоцентрирование микропластика

НГМС

- $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ магниты
- $B_{\text{max}} = 0,8\text{T}$
- $dB/dz \leq 90 \text{ T/m}$
- Вставка из магнитомягкой стали



Метод прекоцентрирования



При 100-кратном предварительном концентрировании могут быть определены концентрации пластика до $2 \cdot 10^{-5}$ г/л

Численное моделирование магнитных устройств

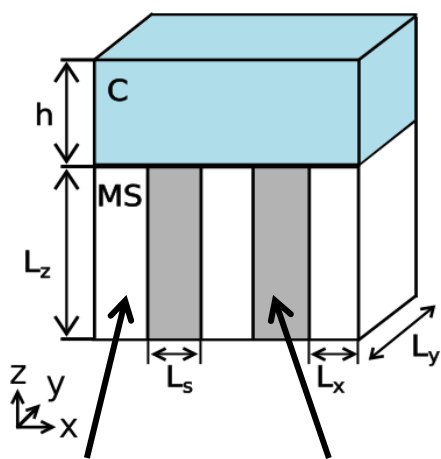
$R = V_{\text{eff}}/V$ – критерий эффективности,

где V – объем всей кюветы: $V=h*L_y*(n*L_x+(n-1)*L_s)$,

V_{eff} – эффективный объем области кюветы, где произведение

$B_z*dB/dz > (B_z*dB/dz)_{\text{eff}}$

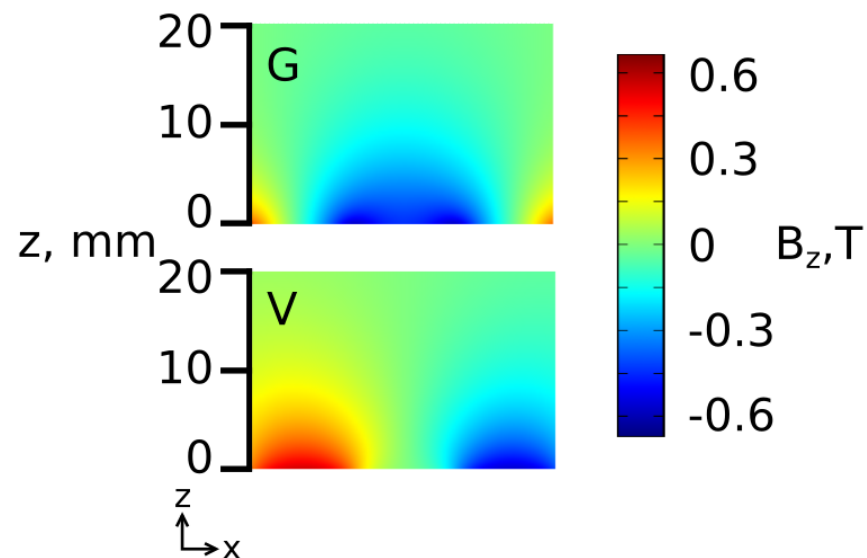
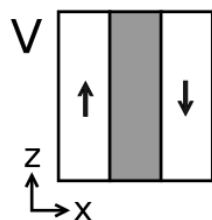
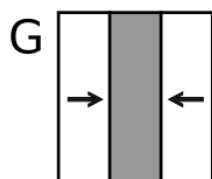
$(B_z*dB/dz)_{\text{eff}} = 4 \text{ T}^2/\text{m}$



NdFeB

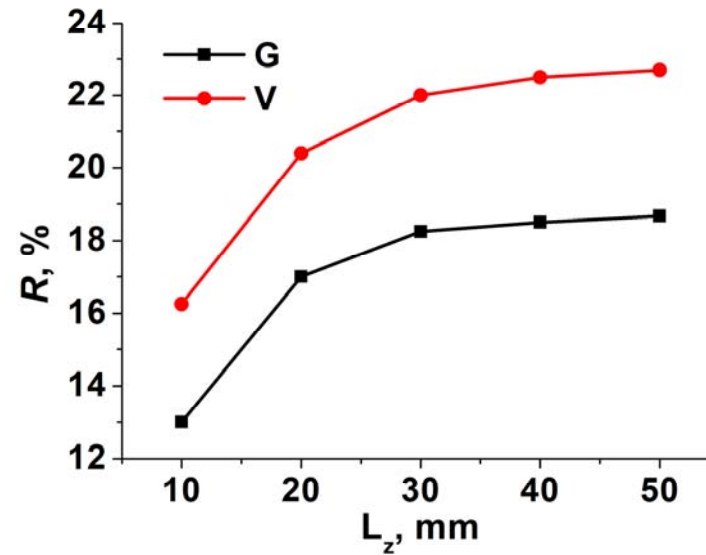
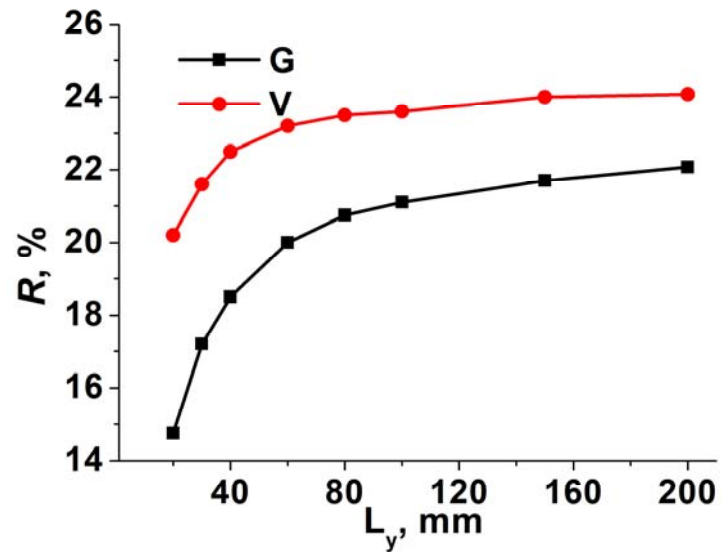
Магнитомягкая

сталь

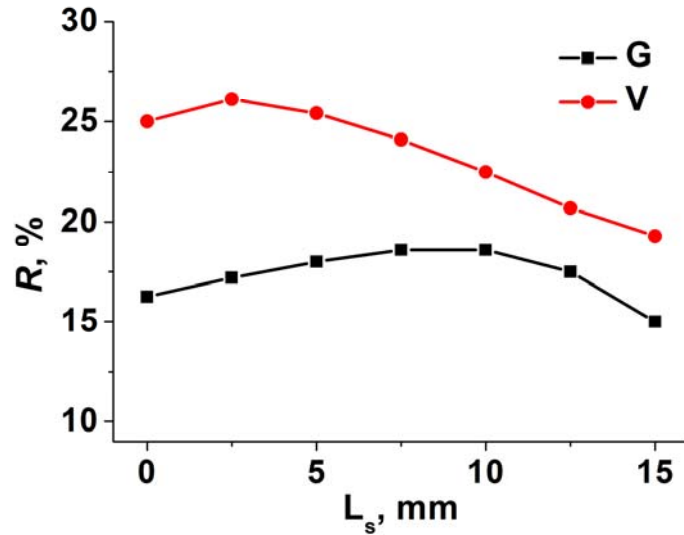


Варьирование размеров пластин

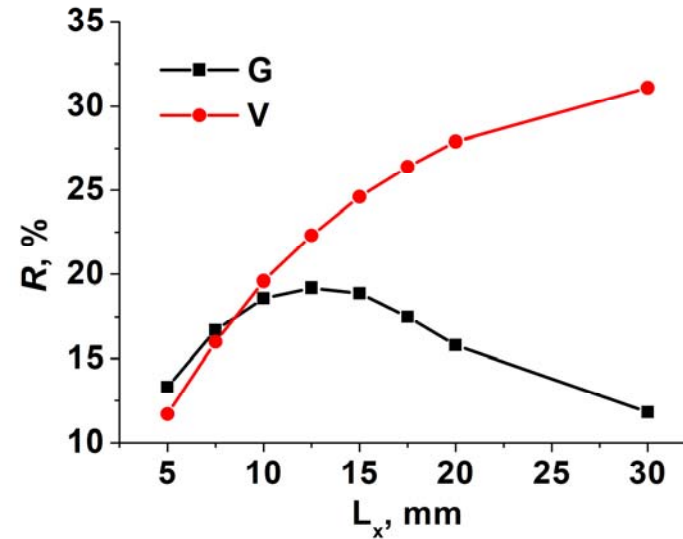
Зависимость значения R от значений размера магнитных пластин L_y (при $L_z=40$ мм, $L_x=10$ мм) и L_z (при $L_y=40$ мм, $L_x=10$ мм) для магнитных систем типа G и V



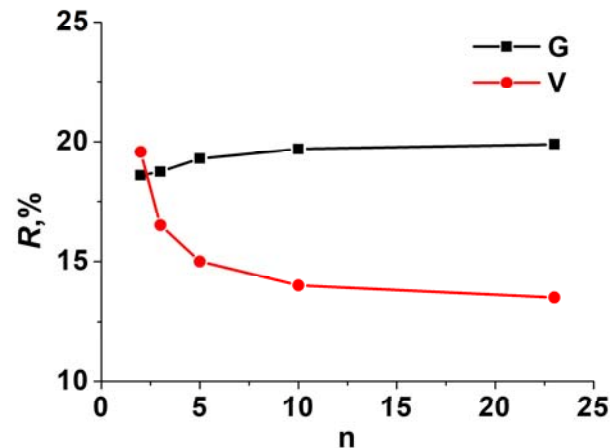
Варьирование размеров пластин



R от толщины стальной вставки L_s



R от толщины магнитного элемента L_x



R от количества магнитных элементов n