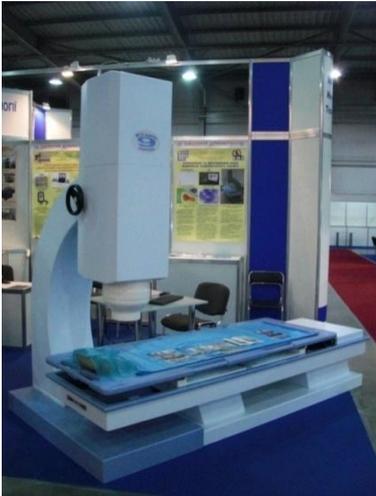


Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

## Відділ 220: Сенсорні прилади, системи і технології безконтактної діагностики

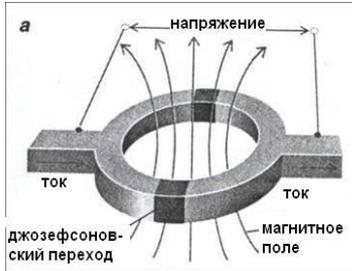


Зав.відділу,  
д.т.н Прімін М.А.



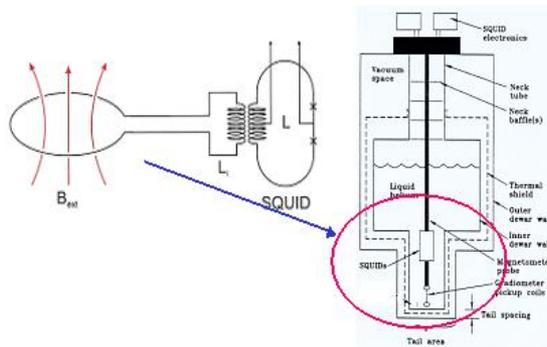
Київ 2018

# Про SQUID (СКВІД)



Надпровідникові квантові інтерференційні датчики або **SQUID (СКВІДи)** – найбільш чутливі сенсори магнітного потоку серед відомих. За принципом дії СКВІДи є перетворювачами магнітного потоку в вихідну напругу і можуть бути використані для вимірювання будь-яких фізичних величин, які можна перетворити в магнітний потік.

SQUID detector and cryostat container



Поява СКВІДів прискорила розвиток нової галузі наукових досліджень «Біомагнетизм» – дослідження магнітних полів, що генеруються живими організмами.

**Магнітометричні системи на основі СКВІДів застосовують для медичних досліджень в:**

- **Магнітокардіографії;**
- **Контроль за транспортом ліків на магнітних наночастицях;**
- **Магнітоенцефалографії;**
- **Магніторезонансної томографії в слабких магнітних полях.**

# Біомагнітні поля і зовнішні магнітні поля

## Зовнішні магнітні поля

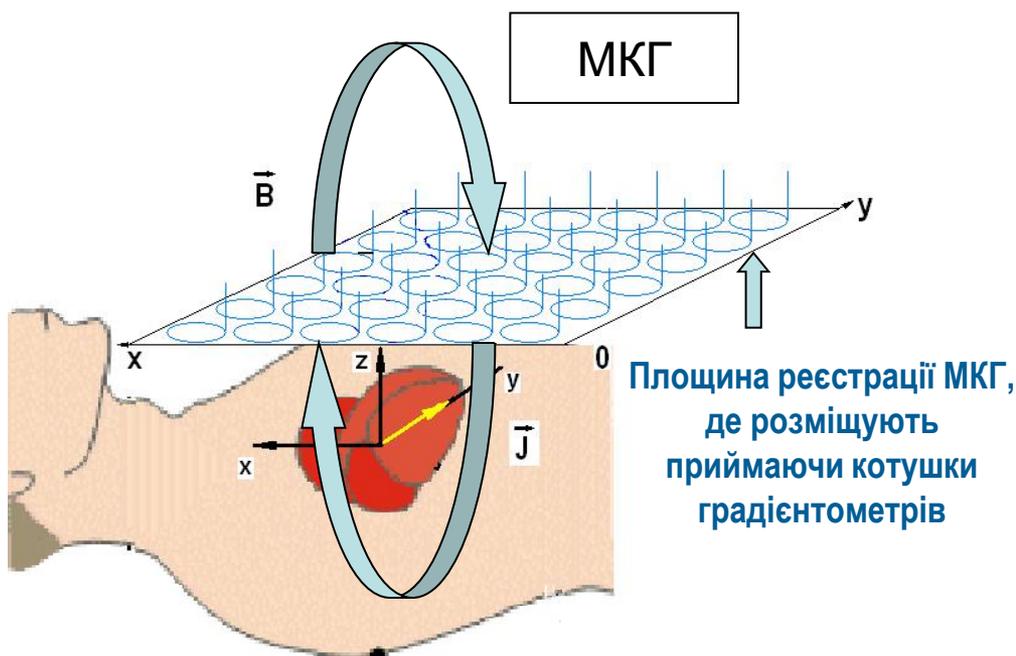
## Біомагнітне поле



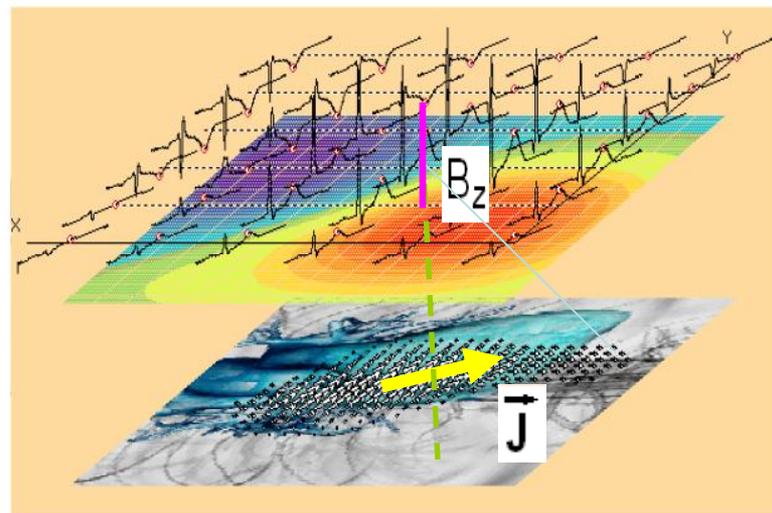
Магнітна індукція (Тесла)

# Магнітне поле серця реєструють в площині над грудною кліткою пацієнта, а після формують двовимірну карту розподілу магнітного поля

3



2D- карта розподілу Z-компоненти магнітного поля в заданий момент часу кардіоциклу

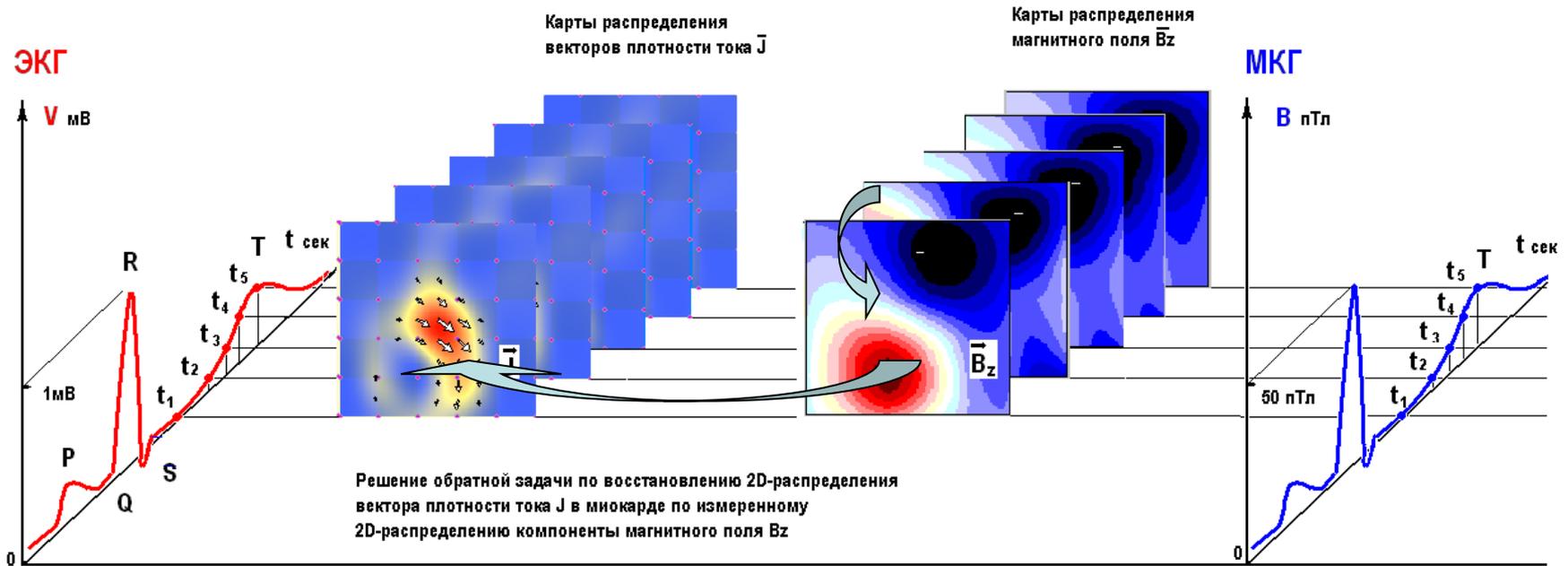


2D- карта розподілу тангенсiальної компоненти вектора щiльностi струму J в площинi, що сiче серце i є паралельною площинi реєстрацiї МКГ (знайдена пiсля вирiшення оберненої задачi)

$\vec{B}$  – Вектор индукции магнитного поля

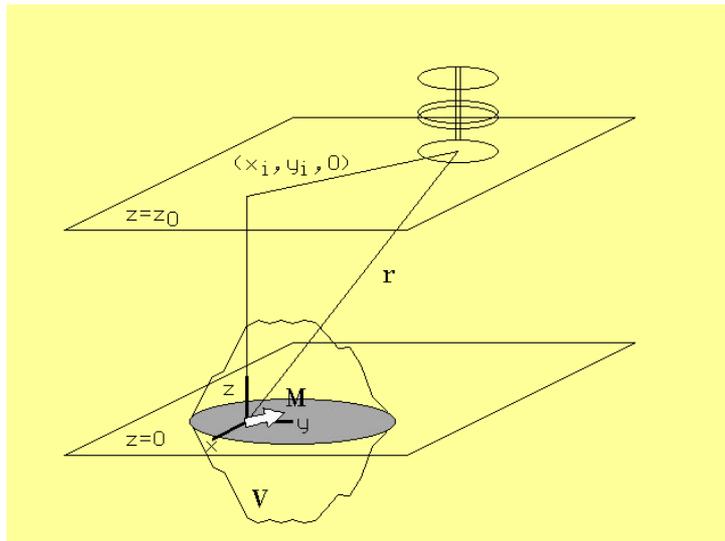
$\vec{J}$  – Вектор плотности тока в миокарде

# ЕКГ і МКГ – спільне та відмінне



ЕКГ і МКГ обумовлені одними і тими ж електричними джерелами в серцевому м'язі - іонними струмами в клітинах міокарда

**а) Пряма задача:** по відомому розподілу джерел поля знайти значення величин магнітного поля у заданих точках простору



**б) Обернена задача:** знайти просторовий розподіл джерел магнітного поля по відомим значення величин магнітного поля у заданих точках простору. Функціональні зв'язки між параметрами розподілу, а також типом джерел сигналу і вимірними значеннями поля вважаються невідомими і їх також необхідно встановити.

## Магнітне поле дипольного джерела

$$\mathbf{B} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{3(\mathbf{M}\mathbf{r})\mathbf{r} - \mathbf{M}r^2}{r^5} =$$

$$= \frac{\mu}{4\pi r^5} \begin{pmatrix} 3r_x^2 - r^2 & 3r_x r_y & 3r_x r_z \\ 3r_x r_y & 3r_y^2 - r^2 & 3r_y r_z \\ 3r_x r_z & 3r_y r_z & 3r_z^2 - r^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix}$$

Вимірювана величина - складова вектора магнітної індукції. Джерело сигналу - розподілений вектор густини струмів у площині паралельній площині вимірювань

$$B_x(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{[j_x(\mathbf{r}')(y - y')]}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dV - \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{[j_y(\mathbf{r}')(x - x')]}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dV$$

Показано, що величини  $\mathbf{B}$  і  $\partial\mathbf{B}/\partial\mathbf{r}$  виміряні в одній точці простору, однозначно описують магнітне поле єдиного дипольного джерела.

## Метод вирішення оберненої задачі магнітостатики для дипольної моделі джерела сигналу

Наближені методи вирішення задачі (ітераційні, різницеві, мінімальних норм і їх поєднання)

«Апаратурно-аналітичні» методи

Точні (аналітичні) методи вирішення оберненої задачі (метод власних векторів)

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0,$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{B} = \left( \frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z} \right) \mathbf{i} + \left( \frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x} \right) \mathbf{j} + \left( \frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y} \right) \mathbf{k} = 0,$$

$$\hat{D}_1 = \begin{pmatrix} \frac{\partial B_x}{\partial x} & \frac{\partial B_x}{\partial y} & \frac{\partial B_x}{\partial z} \\ \frac{\partial B_y}{\partial x} & \frac{\partial B_y}{\partial y} & \frac{\partial B_y}{\partial z} \\ \frac{\partial B_z}{\partial x} & \frac{\partial B_z}{\partial y} & \frac{\partial B_z}{\partial z} \end{pmatrix}$$

$$\hat{D}_2 = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 B_x}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 B_x}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 B_x}{\partial z \partial x} \\ \frac{\partial^2 B_x}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 B_x}{\partial y^2} & \frac{\partial^2 B_x}{\partial z \partial y} \\ \frac{\partial^2 B_x}{\partial x \partial z} & \frac{\partial^2 B_x}{\partial y \partial z} & \frac{\partial^2 B_x}{\partial z^2} \end{pmatrix}$$

**Властивості тензора просторових похідних вектора  $\mathbf{B}$  в точках вимірювання:** тензор симметричний і не має сліду, власні числа дійсні і різні, власні вектори незалежні і взаємно ортогональні.

Якщо в якості базису нової системи координат прийняти нормовані власні вектори, то в цій системі координат  $D_1$ ,  $D_2$  мають діагональний вид. Це означає, що в новій системі координат можна отримати аналітичний розв'язок задачі, а потім шляхом зворотного переходу - в заданій.

**Вектор магнітної індукції**

$$\mathbf{B} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{3(\mathbf{M}\mathbf{r})\mathbf{r} - \mathbf{M}r^2}{r^5} = \frac{\mu}{4\pi r^5} \begin{pmatrix} 3r_x^2 - r^2 & 3r_x r_y & 3r_x r_z \\ 3r_x r_y & 3r_y^2 - r^2 & 3r_y r_z \\ 3r_x r_z & 3r_y r_z & 3r_z^2 - r^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix}$$

Власні числа дійсні і різні

$$\hat{D}_1 = \begin{pmatrix} \frac{\partial B_x}{\partial x} & \frac{\partial B_x}{\partial y} & \frac{\partial B_x}{\partial z} \\ \frac{\partial B_y}{\partial x} & \frac{\partial B_y}{\partial y} & \frac{\partial B_y}{\partial z} \\ \frac{\partial B_z}{\partial x} & \frac{\partial B_z}{\partial y} & \frac{\partial B_z}{\partial z} \end{pmatrix}$$

$$\lambda^3 + \lambda(B_{xx}B_{yy} + B_{xx}B_{zz} + B_{yy}B_{zz} - B_{xy}^2 - B_{xz}^2 - B_{yz}^2) + B_{xx}B_{yz}^2 + B_{yy}B_{xz}^2 + B_{zz}B_{xy}^2 - 2B_{xy}B_{xz}B_{yz} - B_{xx}B_{yy}B_{zz} = 0,$$

Власні вектори ортогональні

7

$$\mathbf{u}_i = \begin{bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \\ \gamma_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{yz}B_{xy} + (\lambda_i - B_{yy})B_{xz} \\ B_{xz}B_{xy} + (\lambda_i - B_{xx})B_{yz} \\ (B_{xx} - \lambda_i)(B_{yy} - \lambda_i) - B_{xy}^2 \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, 3$$

$$\mathbf{u}_1 \cdot \mathbf{u}_2 = \mathbf{u}_1 \cdot \mathbf{u}_3 = \mathbf{u}_2 \cdot \mathbf{u}_3 = 0.$$

**Система координат, базисом якої є нормовані власні вектори**

Tensor  $D_1$  is diagonal

$$\bar{D}_1 = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{pmatrix}$$

Зв'язок між системами координат XYZ і U1U2U3

$$\begin{bmatrix} \xi_x \\ \xi_y \\ \xi_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1/\sqrt{\alpha_1^2+\beta_1^2+\gamma_1^2} & \alpha_2/\sqrt{\alpha_2^2+\beta_2^2+\gamma_2^2} & \alpha_3/\sqrt{\alpha_3^2+\beta_3^2+\gamma_3^2} \\ \beta_1/\sqrt{\alpha_1^2+\beta_1^2+\gamma_1^2} & \beta_2/\sqrt{\alpha_2^2+\beta_2^2+\gamma_2^2} & \beta_3/\sqrt{\alpha_3^2+\beta_3^2+\gamma_3^2} \\ \gamma_1/\sqrt{\alpha_1^2+\beta_1^2+\gamma_1^2} & \gamma_2/\sqrt{\alpha_2^2+\beta_2^2+\gamma_2^2} & \gamma_3/\sqrt{\alpha_3^2+\beta_3^2+\gamma_3^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \end{bmatrix}$$

Аналітичні вирази для визначення напрямлення на об'єкт

$$n_1 = \frac{r_1}{r} = \cos(\theta); \quad n_2 = \sin(\theta); \quad n_3 = 0; \quad \sin^2 \theta = \frac{\lambda_1 + 2\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1};$$

Визначення складових магнітного моменту

$$\bar{M} = \frac{3\mu}{4\pi r^4} \mathbf{M}, \quad \bar{M}_1 = \lambda_1 \frac{5n_2^2 - 1}{1 + n_1} n_1; \quad \bar{M}_2 = \lambda_1 \frac{1 - 5n_1^2}{1 + n_1} n_2; \quad M_3 = 0.$$

Визначення відстані до об'єкту

$$r = 3B_x \left[ \left( 3\bar{M}_x n_x + 3\bar{M}_y n_y + 3\bar{M}_z n_z \right) n_x - M_x \right]^{-1}$$

## В результаті встановлено:

для аналітичного вирішення оберненої задачі магнітостатики у такій постановці (джерело – магнітний диполь) необхідна магнітометрична система, яка дозволяє одночасно в одній точці простору виміряти всі незалежні елементи  $D1$  або  $D2$  і одну складову вектора магнітної індукції, або- відповідну першу похідну. Таким чином, для локалізації дипольного джерела **необхідна 6-ти канална магнітометрична система.**

**Алгоритм отримання вхідних даних для розв'язання оберненої задачі**

$$F[B_z] = F[\psi] / (1 - \exp\{kL\}), \quad k_x, k_y \neq 0, \quad F[B_z] = F[\psi] / (1 - 2 \exp\{kL\} + \exp\{2kL\}), \quad k_x, k_y \neq 0,$$

$$F[B_x] = ik_x F[B_z] / k,$$

$$F[B_y] = ik_y F[B_z] / k,$$

$$F[\partial B_x / \partial x] = k_x^2 F[B_z] / k,$$

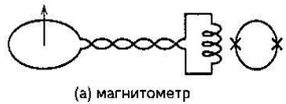
$$F[\partial B_y / \partial y] = k_y^2 F[B_z] / k,$$

$$F[\partial B_x / \partial y] = k_x k_y F[B_z] / k, \quad F[\partial B_x / \partial z] = ik_x F[B_z],$$

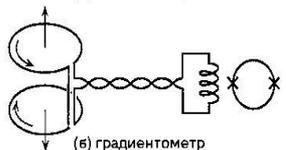
$$F[\partial B_y / \partial z] = ik_y F[B_z], \quad F[\partial^2 B_z / \partial x^2] = -k_x^2 F[B_z],$$

$$F[\partial^2 B_z / \partial y^2] = -k_y^2 F[B_z], \quad F[\partial^2 B_z / \partial x \partial y] = -k_y k_x F[B_z],$$

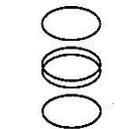
$$F[\partial^2 B_z / \partial x \partial z] = -ik_x k_y F[B_z], \quad F[\partial^2 B_z / \partial y \partial z] = -ik_y k_x F[B_z].$$



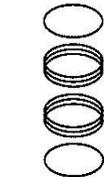
(а) магнітометр



(б) градиентометр  
першого порядку



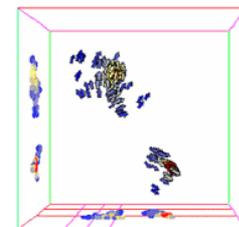
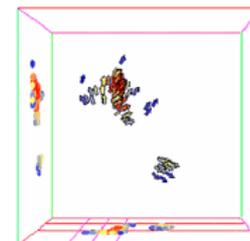
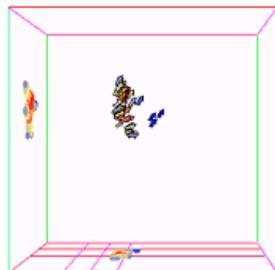
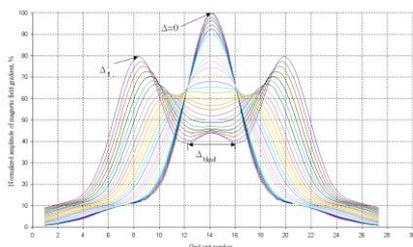
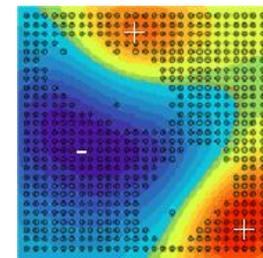
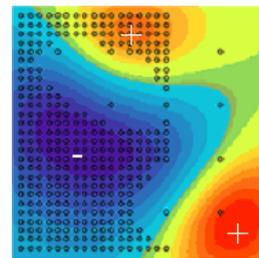
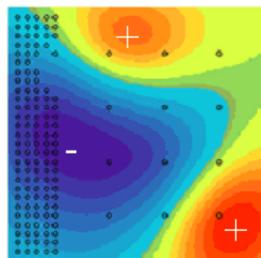
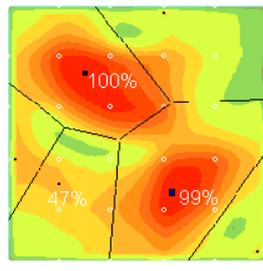
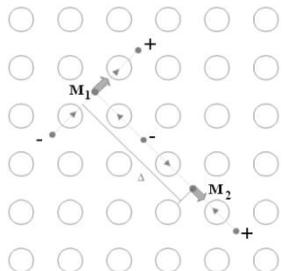
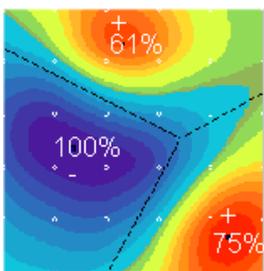
(в) градиентометр  
второго порядку



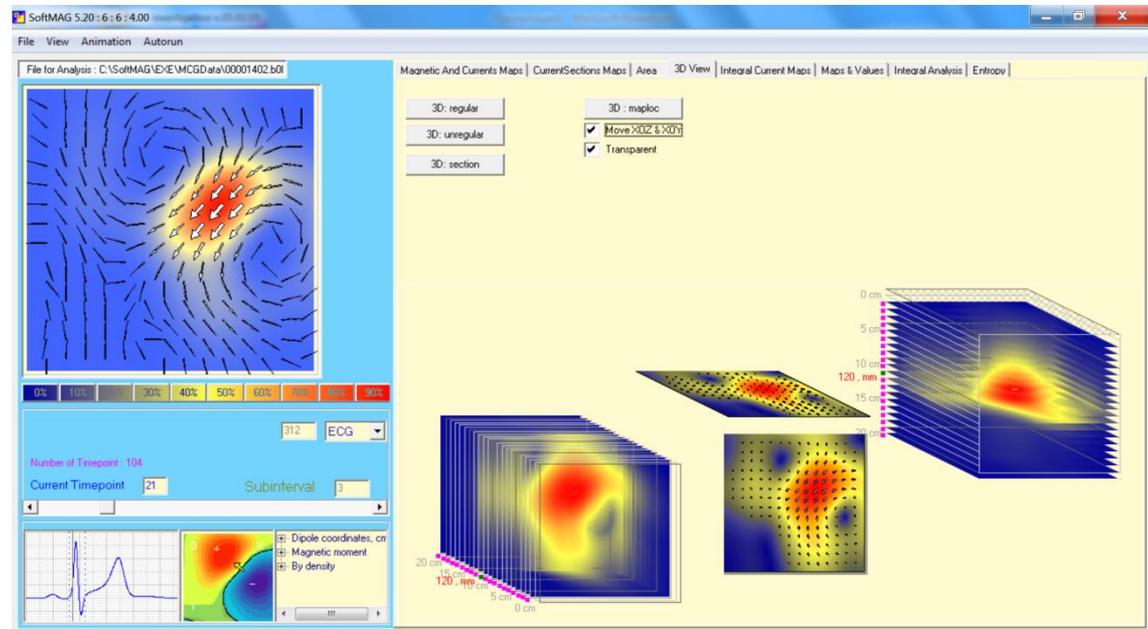
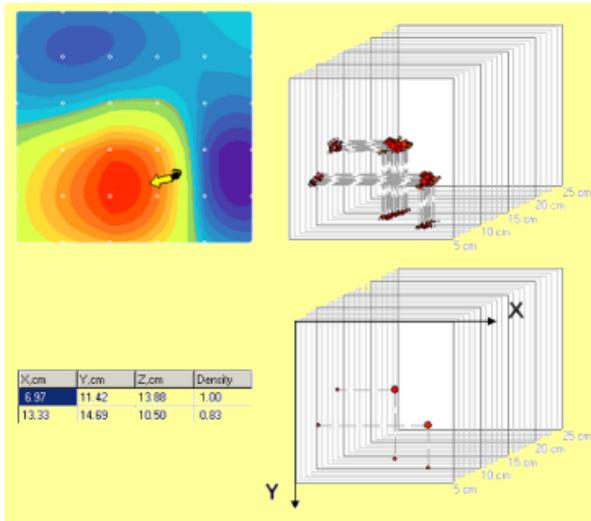
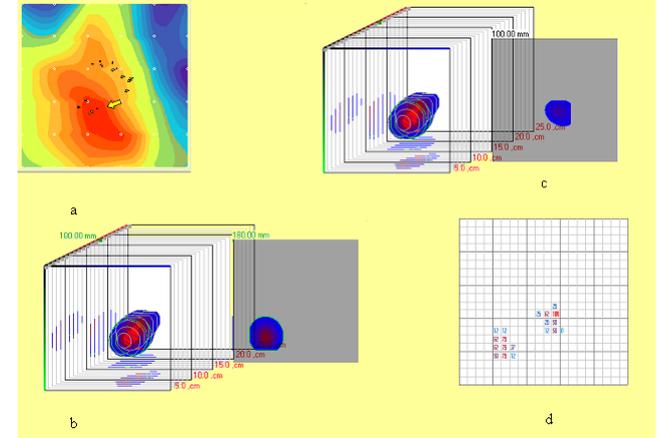
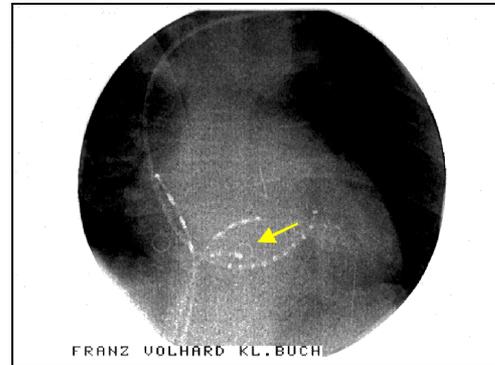
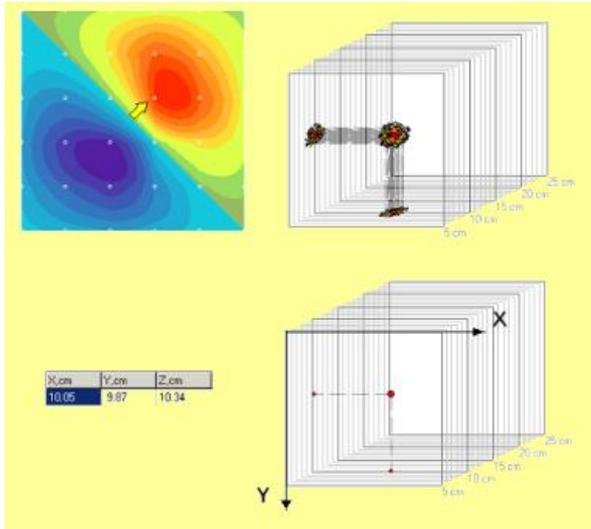
(г) градиентометр  
третього порядку

**Розвиток методу вирішення оберненої задачі магнітостатики** виконано за умови, що вимірюваному в площині спостереження просторовому розподілу величин параметрів магнітного поля серця ставиться у відповідність набір  $N$  дипольних джерел. При цьому передбачається, що для кожного диполя існує, принаймні, одна точка у площині вимірювань, де магнітне поле диполя співпадає з заданими (обчисленими за результатами вимірювань) значеннями величин вектора магнітної індукції і всіх його просторових похідних першого порядку.

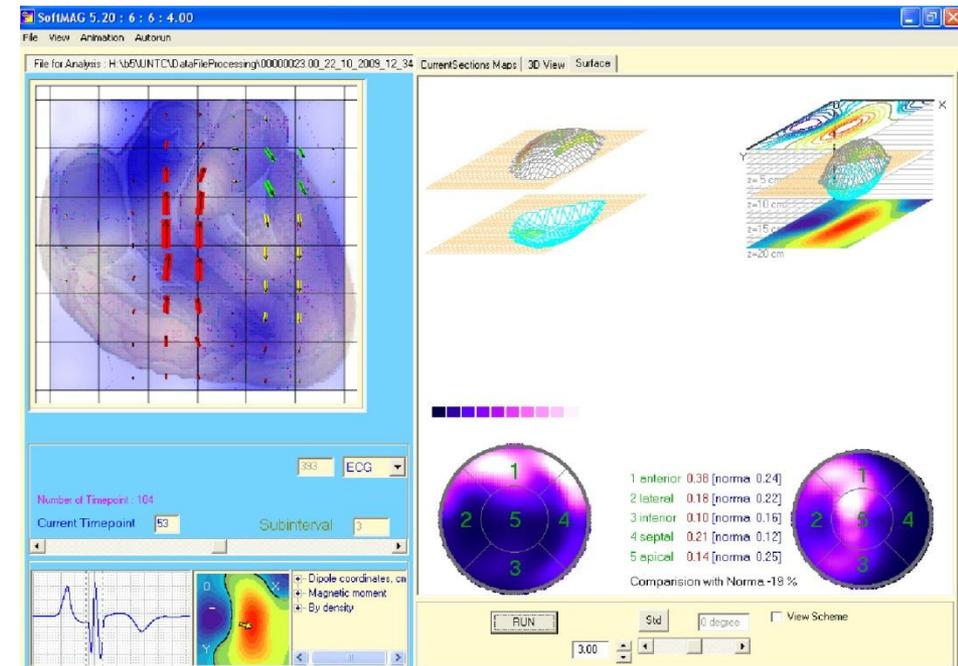
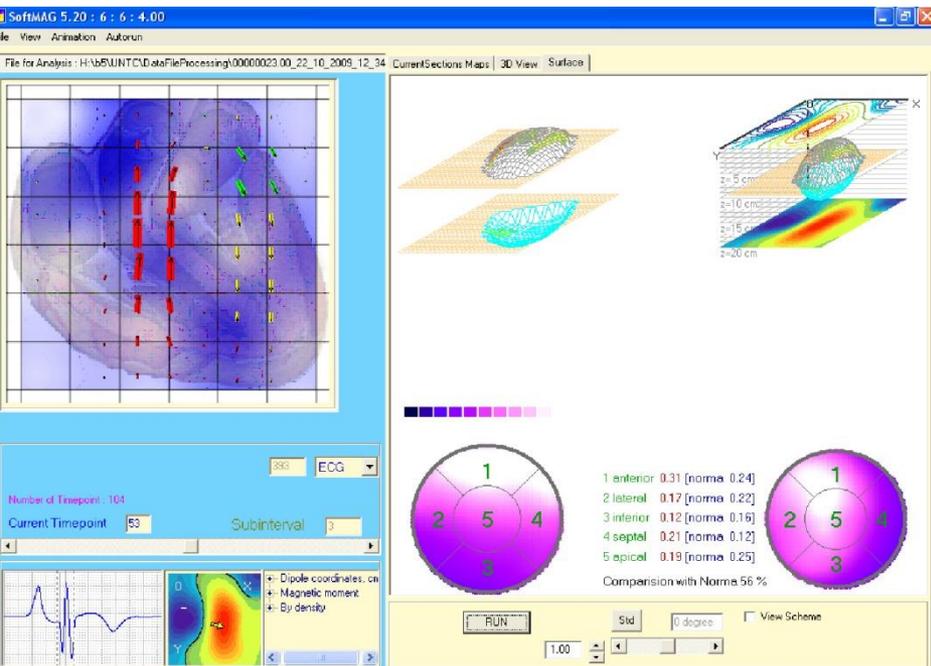
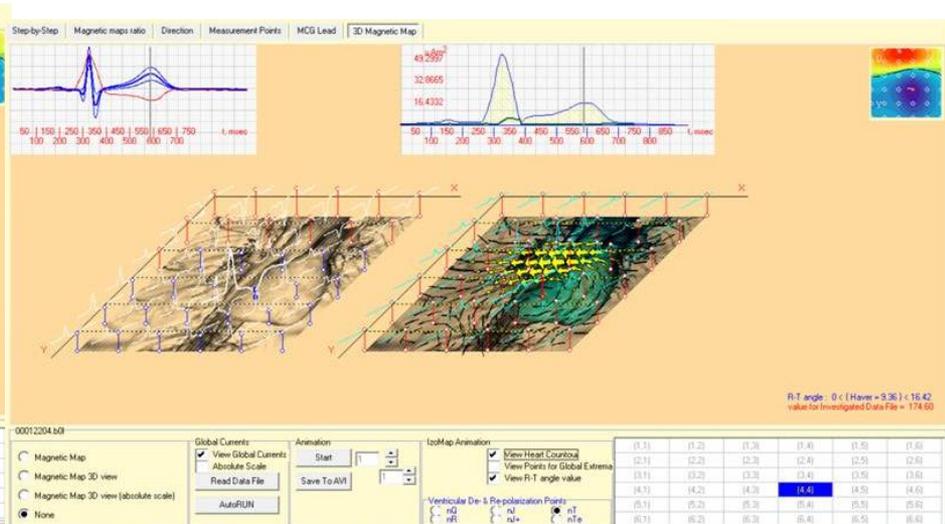
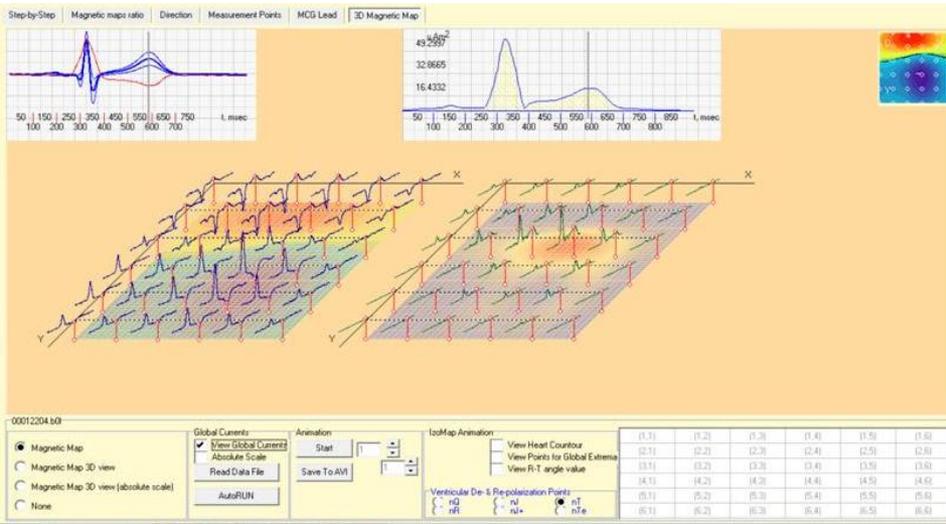
**Обернену задачу можна сформулювати таким чином:** за результатами вимірювань величин параметрів магнітного поля у площині вимірювань отримати оцінки можливої кількості джерел поля, їх взаємного положення і векторів поляризації в лабораторній системі координат, а також - їх відносну потужність



# Приклади вирішення оберненої задачі



# Приклади вирішення оберненої задачі



# Конкурентні переваги

## Наявні рішення



- Необхідність використання спеціально екранованого приміщення;
- Обернена задача не вирішується, або її вирішення знаходять наближеними методами, що призведе до зниження достовірності і точності кардіодіагностики;
- Кріостат магнітометричної системи витрачає близько 100 літрів рідкого гелію на тиждень;

## Наші рішення



- МКГ-системи серії «МАГ-СКАН» не потребують спеціального екранування приміщень;
- Програмний комплекс магнітокардіографу забезпечує аналітичне вирішення оберненої задачі і відтворює просторову структуру джерел сигналу для фокусних і розподілених у міокарді патологій, а технологія обробки даних - високу якість аналізу МКГ;
- Рівень ціни МКГ-комплексів і витратних матеріалів (рідкого гелію) в рази нижчий, у порівнянні з зарубіжними аналогами.

# МКГ- історія розвитку в ІК НАН України

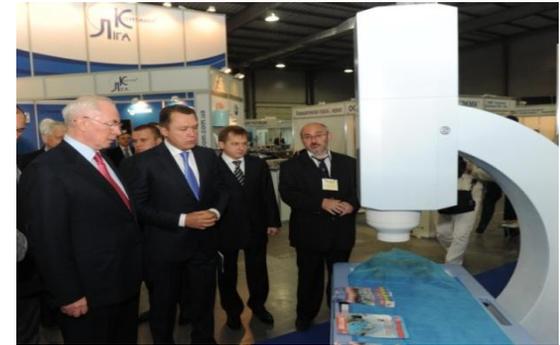
2000



2002



2012



2006



2009

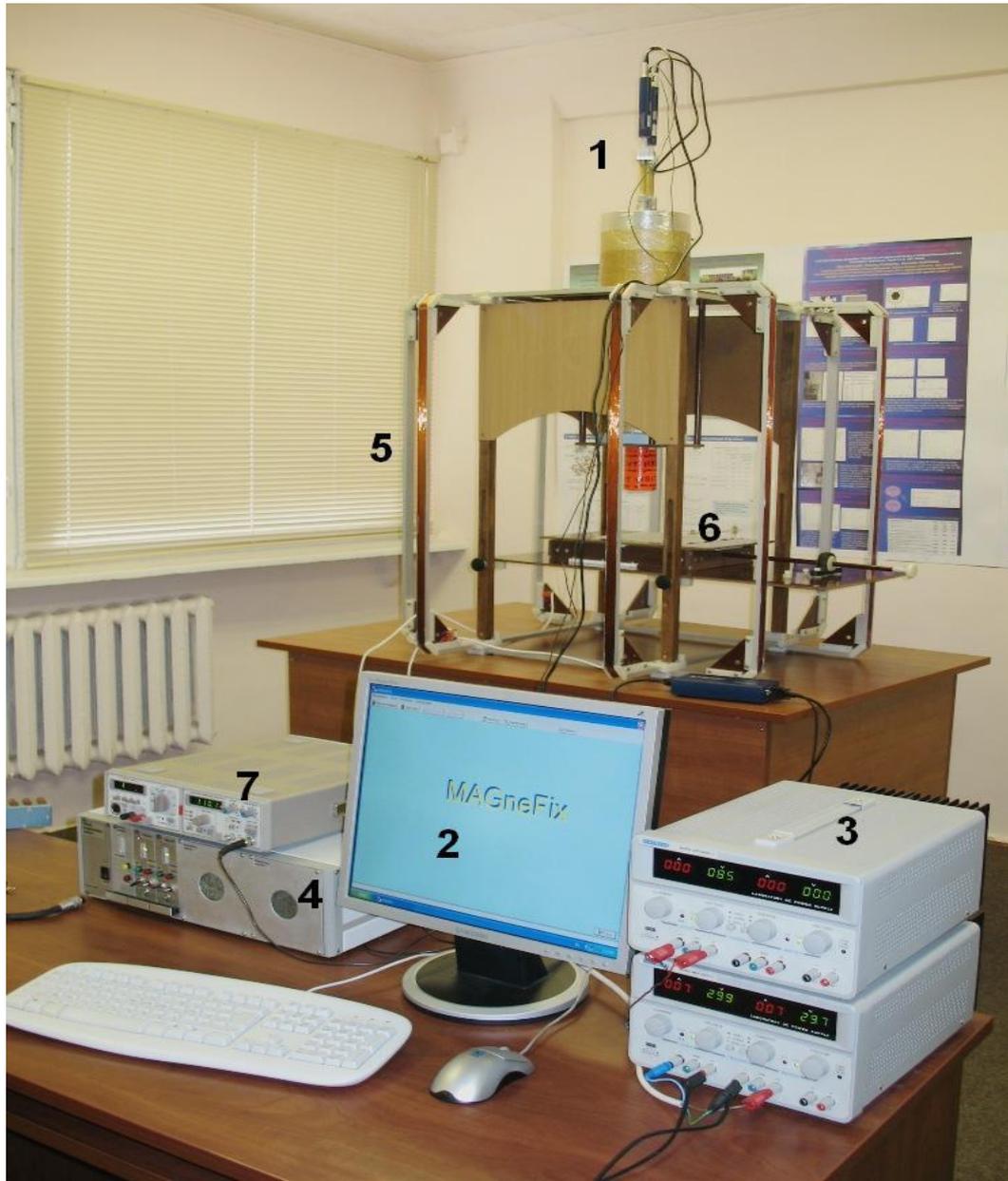


2014 (5 систем до 2018р)



# Біосасептометр: дослідження біологічних об'єктів і магнітних властивостей зразків матеріалів

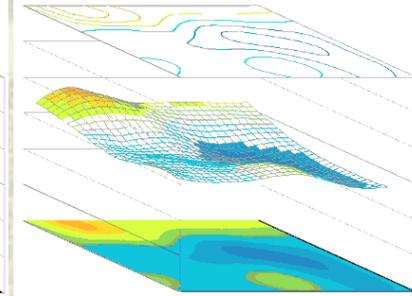
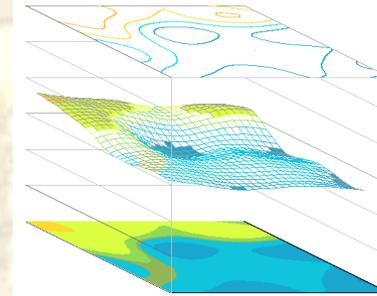
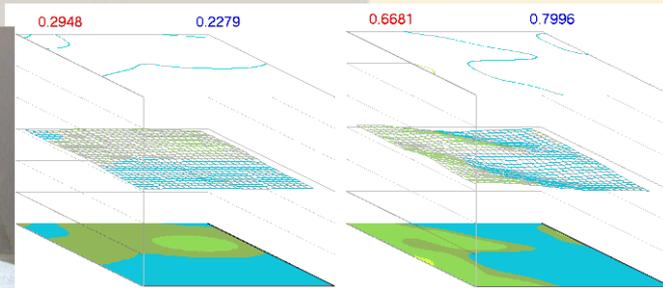
14



- 1 – СКВІД –магнітометр,
- 2 – ПК,
- 3 – джерело струму для створення магнітного поля,
- 4 – блок керування і обробки даних,
- 5 – намагнічуюча система
- 6 – система позиціонування,
- 7 – генератор.

# Дослідження магнітних сигналів дрібних тварин (щури)

спільні дослідження з Інститутом медицини праці АМН України

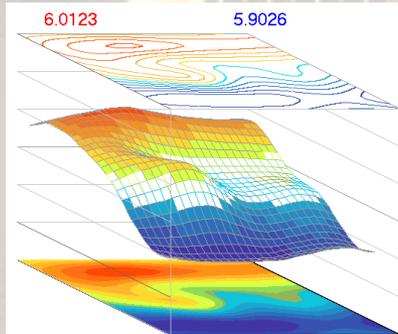
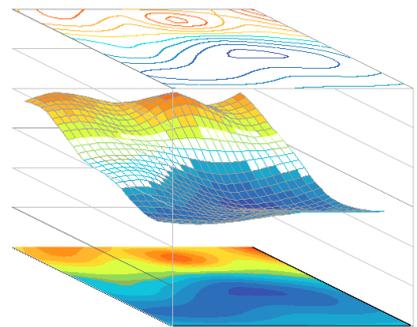


Магнітні завади

Контрольна група

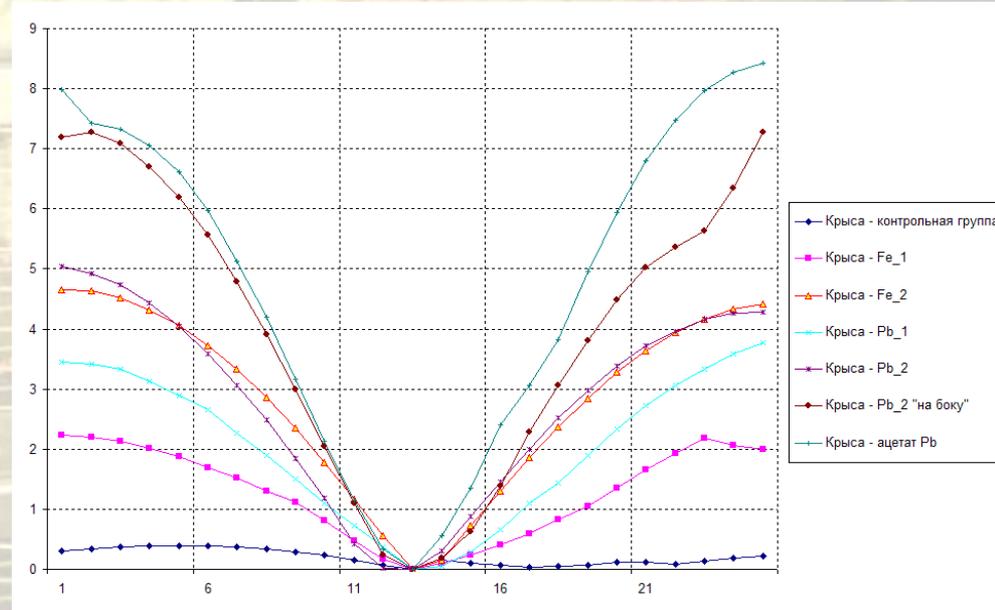
3 наночастинками кадмію

3 наночастинками заліза



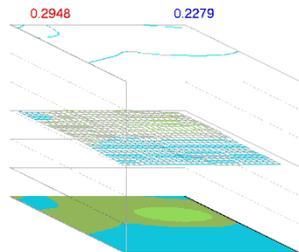
3 наночастинками свинцю

3 наночастинками ацетату свинцю



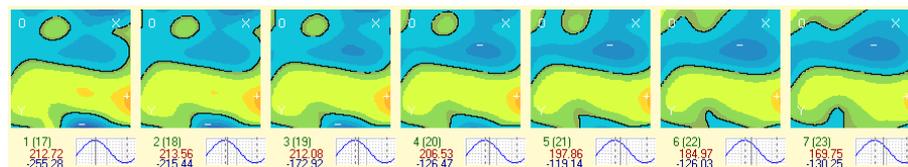
# Дослідження магнітних властивостей зразків ліків

спільні дослідження з науковцями Національного інституту раку АМН України

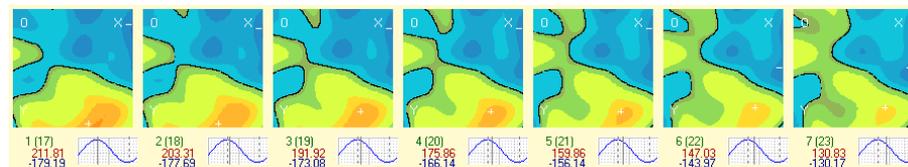


Магнітні завади

## Проба № 1

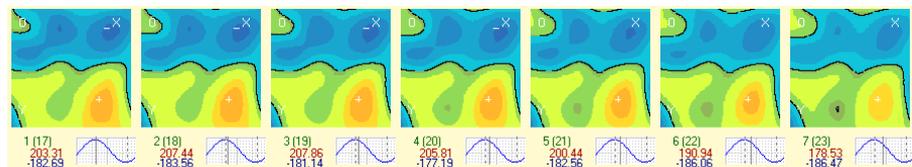


Орієнтована уздовж осі OX

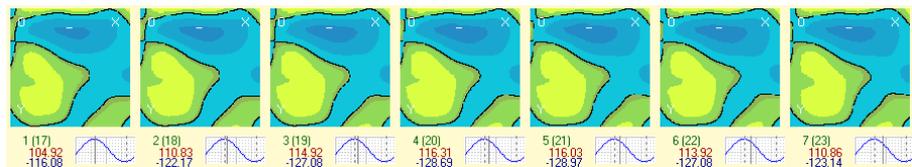


Орієнтована уздовж осі OY

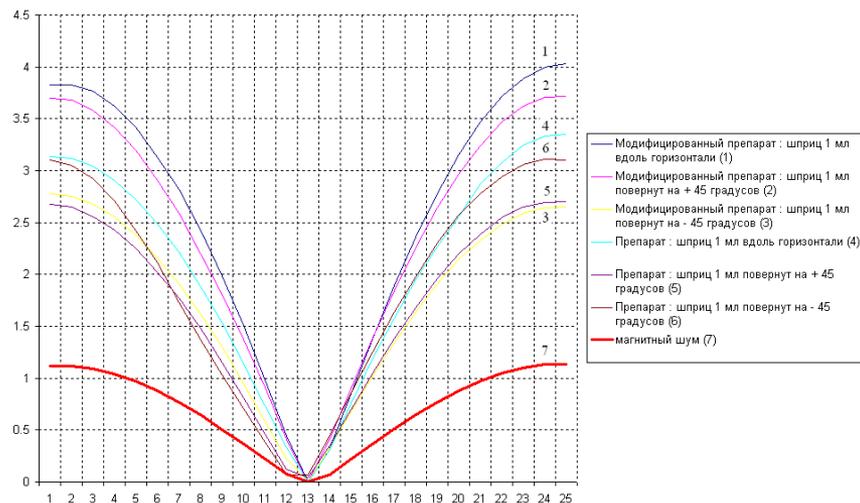
## Проба № 2



Орієнтована уздовж осі OX



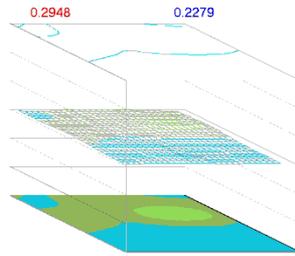
Орієнтована уздовж осі OY



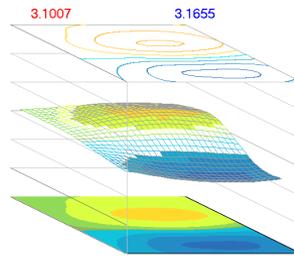
# Дослідження магнітних сигналів вугільної речовини

17

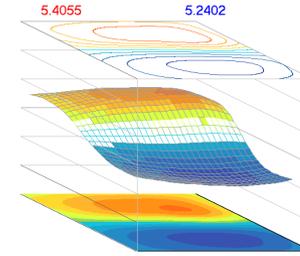
спільні дослідження з Інститутом геотехнічної механіки ім.М.С.Полякова НАН України



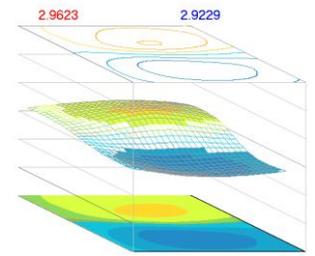
Магнітні завади



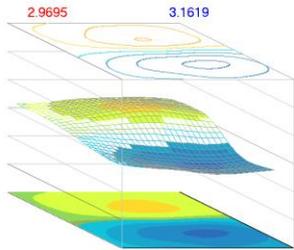
Початковий стан



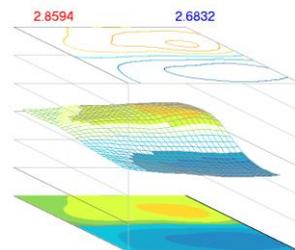
Після впливу тиском



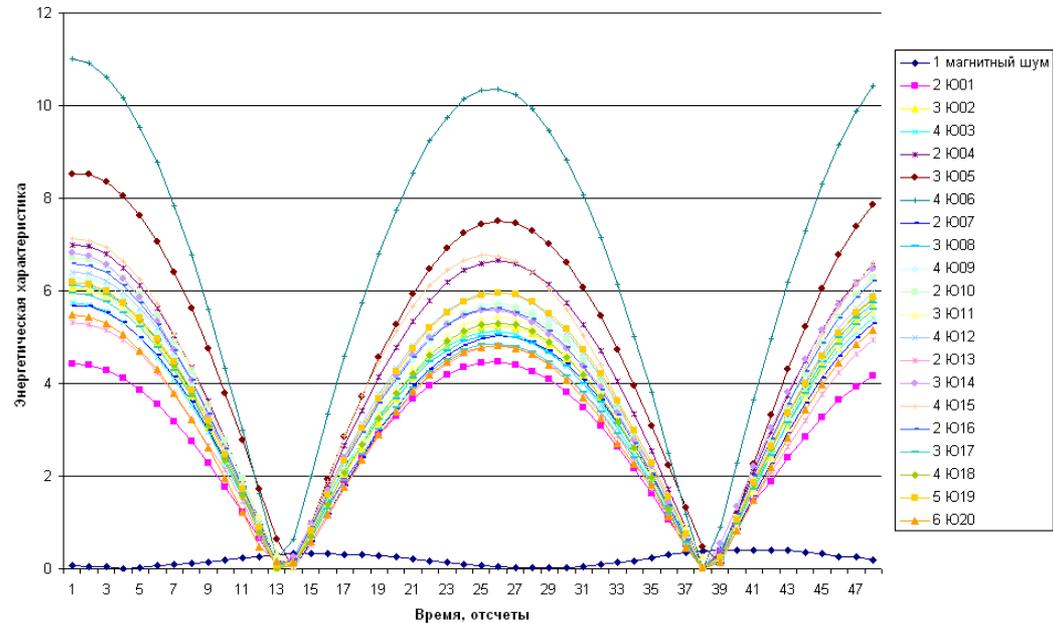
Після впливу електричним полем



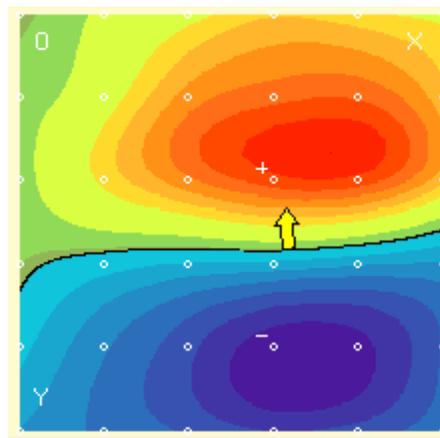
Після впливу постійною напругою



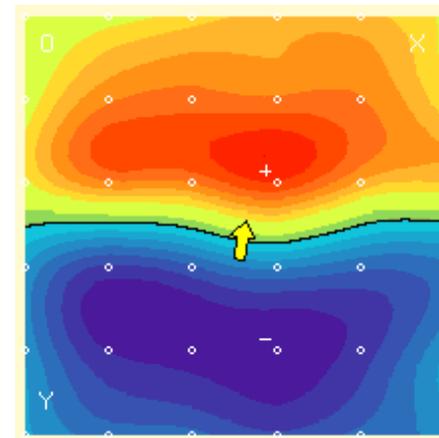
Після впливу змінною напругою



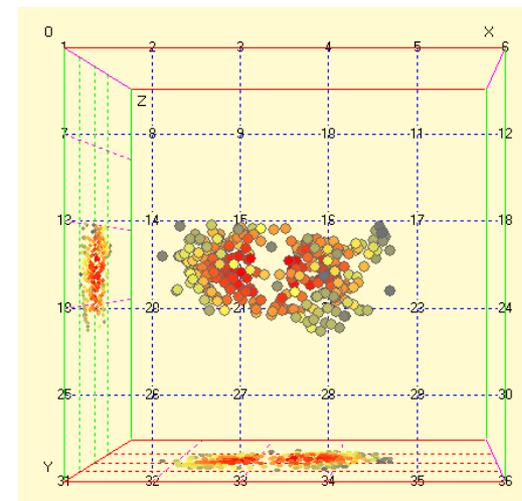
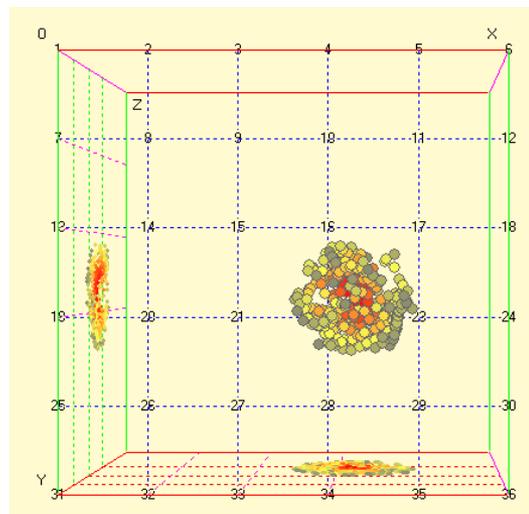
**Дослідження магнітних сигналів зразків вугільної речовини:  
просторовий розподіл джерел сигналу у об'ємі**  
спільні дослідження з Інститутом геотехнічної механіки ім.М.С.Полякова НАН України



**Початковий стан**



**Після впливу змінним електричним полем**

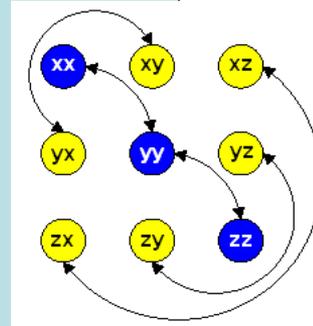


# Системи для геомагнітних досліджень

## Гравітаційна градієнтометрія

Gravity components  $G_x, G_y, G_z$

Gravity gradients  
 $\partial G_x/\partial x, \partial G_x/\partial y, \partial G_x/\partial z,$   
 $\partial G_y/\partial x, \partial G_y/\partial y, \partial G_y/\partial z,$   
 $\partial G_z/\partial x, \partial G_z/\partial y, \partial G_z/\partial z$



The independent components of gravity gradient tensor

$$\Gamma_1 = \begin{bmatrix} \frac{\partial G_x}{\partial x} & \frac{\partial G_x}{\partial y} & \frac{\partial G_x}{\partial z} \\ \frac{\partial G_y}{\partial x} & \frac{\partial G_y}{\partial y} & \frac{\partial G_y}{\partial z} \\ \frac{\partial G_z}{\partial x} & \frac{\partial G_z}{\partial y} & \frac{\partial G_z}{\partial z} \end{bmatrix}$$

Gravity gradient tensor invariants

$$I_1 = \partial G_x/\partial x + \partial G_y/\partial y + \partial G_z/\partial z,$$

$$I_2 = \Gamma_{xx} \cdot \Gamma_{yy} + \Gamma_{yy} \cdot \Gamma_{zz} + \Gamma_{xx} \cdot \Gamma_{zz} - \Gamma_{xy} \cdot \Gamma_{xy} - \Gamma_{zx} \cdot \Gamma_{zx} - \Gamma_{zy} \cdot \Gamma_{zy}$$

$$I_3 = \Gamma_{xx} \cdot (\Gamma_{yy} \cdot \Gamma_{zz} - \Gamma_{zy} \cdot \Gamma_{zy}) + \Gamma_{xy} \cdot (\Gamma_{zy} \cdot \Gamma_{zx} - \Gamma_{xy} \cdot \Gamma_{zz}) + \Gamma_{zx} \cdot (\Gamma_{xy} \cdot \Gamma_{zy} - \Gamma_{zx} \cdot \Gamma_{yy})$$

Euler equation for source coordinates  $r_x, r_y, r_z$

$$r_x \cdot \partial G_x/\partial x + r_y \cdot \partial G_x/\partial y + r_z \cdot \partial G_x/\partial z = -NG_x,$$

$$r_x \cdot \partial G_y/\partial x + r_y \cdot \partial G_y/\partial y + r_z \cdot \partial G_y/\partial z = -NG_y,$$

$$r_x \cdot \partial G_z/\partial x + r_y \cdot \partial G_z/\partial y + r_z \cdot \partial G_z/\partial z = -NG_z$$

## Магнітна градієнтометрія

Magnetic induction vector components  $B_x, B_y, B_z$

The first order spatial derivatives of magnetic induction vector  
 $\partial B_x/\partial x, \partial B_x/\partial y, \partial B_x/\partial z,$   
 $\partial B_y/\partial x, \partial B_y/\partial y, \partial B_y/\partial z,$   
 $\partial B_z/\partial x, \partial B_z/\partial y, \partial B_z/\partial z$

Независимые компоненты тензора первых пространственных производных

$$D_1 = \begin{bmatrix} \frac{\partial B_x}{\partial x} & \frac{\partial B_x}{\partial y} & \frac{\partial B_x}{\partial z} \\ \frac{\partial B_y}{\partial x} & \frac{\partial B_y}{\partial y} & \frac{\partial B_y}{\partial z} \\ \frac{\partial B_z}{\partial x} & \frac{\partial B_z}{\partial y} & \frac{\partial B_z}{\partial z} \end{bmatrix}$$

Magnetic induction spatial gradients tensor eigen values  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$

Magnetic induction spatial gradients tensor invariants

$$I_1 = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3,$$

$$I_2 = \lambda_1 \cdot \lambda_1 + \lambda_2 \cdot \lambda_2 + \lambda_3 \cdot \lambda_3,$$

$$I_3 = \lambda_1 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_1 + \lambda_2 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_2 + \lambda_3 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_3$$

Рівняння Ейлера для визначення координат диполя  $r_x, r_y, r_z$

$$r_x \cdot \partial B_x/\partial x + r_y \cdot \partial B_x/\partial y + r_z \cdot \partial B_x/\partial z = -3B_x,$$

$$r_x \cdot \partial B_y/\partial x + r_y \cdot \partial B_y/\partial y + r_z \cdot \partial B_y/\partial z = -3B_y,$$

$$r_x \cdot \partial B_z/\partial x + r_y \cdot \partial B_z/\partial y + r_z \cdot \partial B_z/\partial z = -3B_z$$

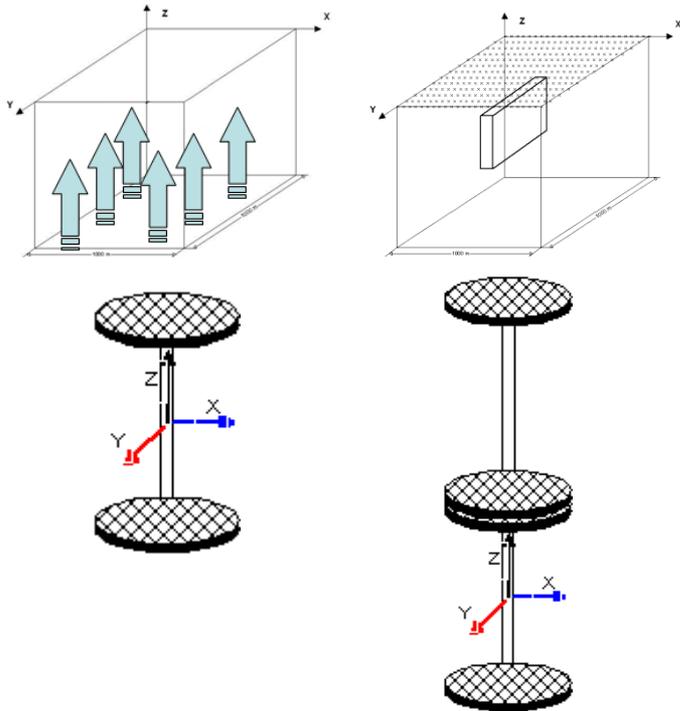
# Варіанти застосування магнітометричних систем

Institute of Photonic Technology, Jena, Germany



# Просторова конфігурація антен для геомагнітних досліджень

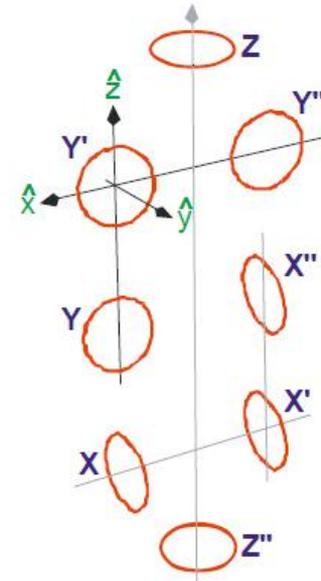
## Моделі SQUID градієнтометрів



### Сенсор магнітного поля:

Антенна в вигляді одного аксиального SQUID градієнтометра першого або другого порядку

Кільце трансформатора потоку розташоване в площині вимірювань ( $z=0$ )



### Сенсор магнітного поля:

Антенна для вимірювання незалежних елементів тензора перших просторових похідних



*Gamey, T. J., 2008, Development and evaluation of an airborne superconducting quantum interference device-based magnetic gradiometer tensor system for detection, characterization and mapping of unexploded ordnance: SERDP Project MM-1316*

# Системы для геомагнитных исследований

## Відомі підходи

*Трёхмерный объект расположен в геомагнитном поле и является источником вторичного магнитного поля в точках наблюдения*



*Значения характеристик магнитного поля регистрируют в узлах плоской решетки*

Магнитный сигнал регистрируют в каждой точке наблюдения одновременно **пятью** СКВИД градиентометрами

Магнитный сигнал регистрируют в каждой точке наблюдения **ОДНИМ СКВИД** градиентометром

**Для вычисления значений всех (пяти) независимых элементов тензора пространственных производных первого порядка используют двойное интегральное преобразование Фурье**



*Значения всех составляющих вектора магнитной индукции и его пространственных производных известны (измерены, вычислены) в каждой точке наблюдения*



*Решение обратной задачи магнитостатики для дипольной модели источника магнитного поля*

## Уравнения Эйлера



## Метод собственных векторов

*Вычисление значений пространственных инвариантов магнитного поля в каждой точке наблюдения и пространственный анализ полученного пространственного распределения*

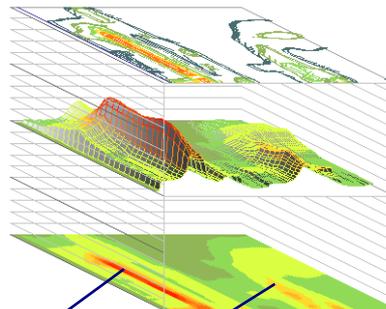
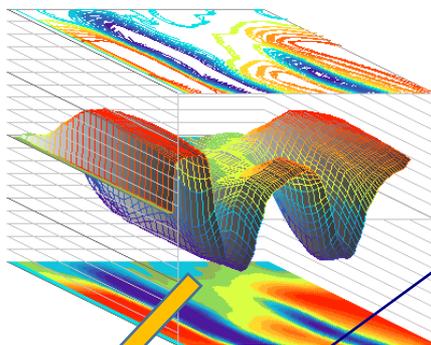
# Пошук магнітних аномалій

## Попередні експериментальні дослідження

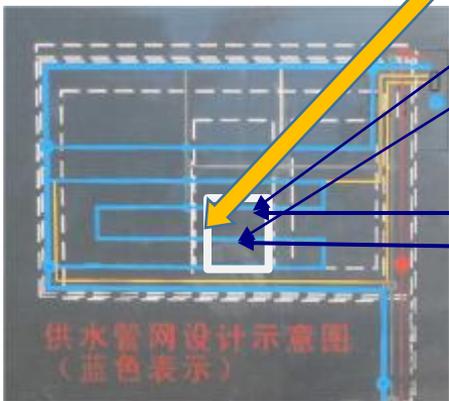
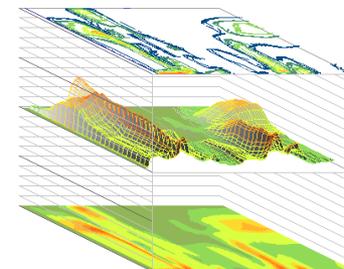


SQUID магнітометр

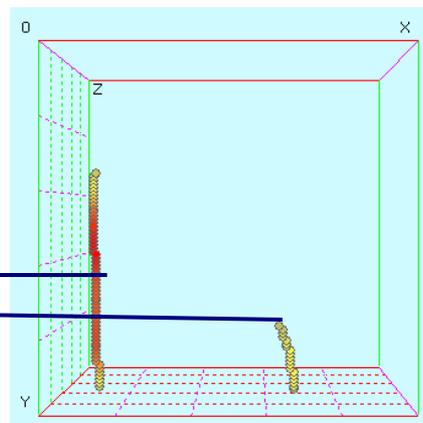
Виміряне магнітне поле



Результати пошуку об'єктів за магнітним полем



Область сканування



Результати пошуку об'єктів в області сканування



Реєстрація сигналів

# Зразки медичних пристроїв

24

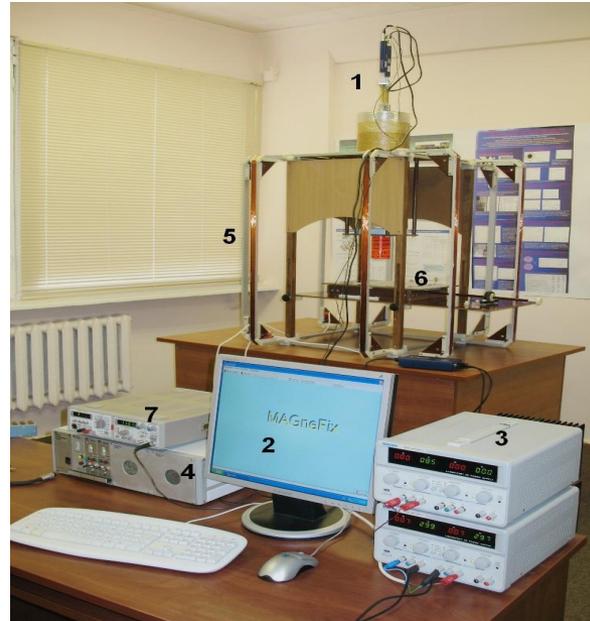
Біоелектричні сигнали



**Автоматизований ЕКГ комплекс  
(12 відведень)**

Забезпечує більш глибокий і всебічний аналіз ЕКГ.  
Проведений масштабний кардіоскринінг в Хмельницькій області  
(565 населених пунктів)

Магнітні сигнали



**Біосептометр**

СКВІД-магнітометрична система для досліджень магнітних властивостей технічних і біологічних об'єктів, контроль транспорту ліків тощо.  
Використовується разом з Інститутами медицини праці, раку АМНУ, геотехнічної механіки НАНУ тощо.

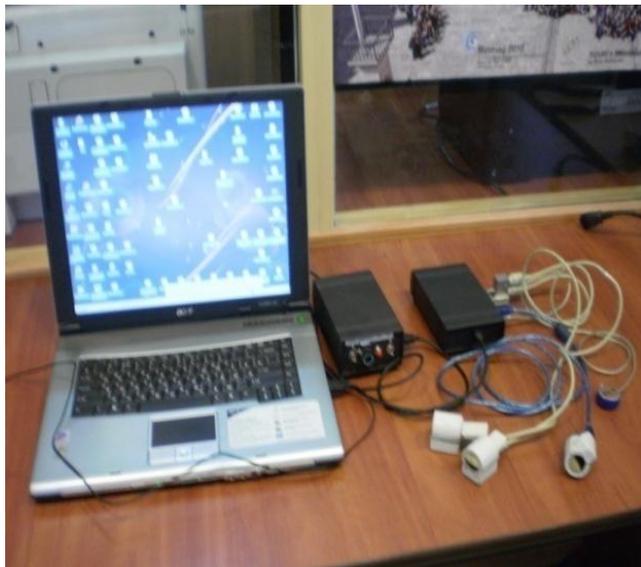
Біоелектричні сигнали



**Автоматизований ЕКГ комплекс  
(6 відведень)**

Проведений скринінг в постраждалих районах Луганської області (охоплено майже 2500 військових і цивільних осіб)

# Зразки медичних пристроїв на базі оптичних сигналів



## ПУЛЬСОДИН

**Фотоплетизмограф -  
діагностика хвороб судин  
людини під впливом  
негативних факторів, у т.ч.  
військових (стреси, травми)**



## ГЕМОДИН

**Фотоплетизмограф -  
Для діагностики  
мікроциркуляторної ланки  
кровообігу**



## ФОТОГЕМОМЕТР

**Портативний неінвазивний  
гемоглобінометр  
для визначення рівня  
гемоглобіну у біотканині  
людини**

**Більшість приладів мають сертифікати метрологічної атестації і готові для впровадження**

# Зразки біохімічних і газоаналітичних пристроїв



## ПЛАЗМОНТЕСТ

Базується на основі поверхневого плазмонного резонансу.

Призначений для біохімічних та імунологічних аналізів, діагностики у ветеринарії (бактерії, віруси, гриби, токсини).

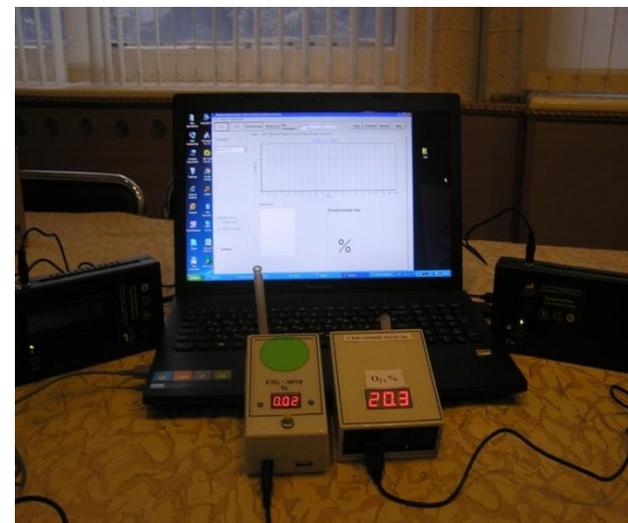
Використовується в Національному університеті біоресурсів і природокористування.



## СО<sub>2</sub> - МЕТР, АЦЕТОТЕСТЕР, АЛКОТЕСТЕР

Аналіз і вимірювання повітря видиху людини для діагностики багатьох захворювань.

Проходить тестування в Інституті ендокринології та в медсанчастині МННЦ ІГІС



## ГАЗОСЕНС

Мультисенсорний газоаналізатор  
СО<sub>2</sub>+О<sub>2</sub>+СО.

Діагностика стану здоров'я людини

*Організації -партнери Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова  
НАН України за представленою тематикою:*

- Інститут медицини праці НАМН України;
- Інститут фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України;
- Національний інститут раку НАМН України;
- Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України;
- Головний військово-клінічний центр “ГВКГ” МО України;
- Чернігівський обласний центр радіаційного захисту;
- Національна екологічна академія післядипломної освіти та управління;
- Національний університет біоресурсів і природокористування;
- Перший добровільний мобільний шпиталь (ПДМШ) ім. Миколи Пирогова;
- Інститут кардіології ім. М.Д. Стражеско;
- Українська військово-медична академія;
- Інститут педіатрії, акушерства та гінекології;
- Інститут урології НАМН України;
- 5-та міська клінічна лікарня в м. Києві та інші.

**Об'єм фінансування** отриманих відділом у рамках виконання партнерського проекту від УНТЦ за даною тематикою за останні роки склав **~ 700000 євро** .  
Загалом надходження за грантами за 2013 -2017рр. складають **~ 6,5млн.гр.**

У цей же час **захищені одна докторська дисертація.**  
За результатами зазначених досліджень співробітниками відділу **опубліковано:**

**4 монографії,**

**3 навчальних посібника,**

**понад 150 статей,**

**отримано більш ніж 100 патентів.**

**Отримано 21 свідоцтво про Державну метрологічну атестацію ( 10 на прилади та 11 - міри та робочі еталони)**

Для апробації, координації та поширення теоретичних і практичних результатів у галузі створення інтелектуальних систем різного призначення

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України (співорганізатор МННЦ МОН і НАНУ) вже **протягом багатьох років проводить щорічні міжнародні конференції «Школа-семінар біологічна і медична інформатика та кібернетика».**