

Н. И. МУЗАЛЕВСКАЯ, В. И. КЛАСSEN

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ВОДНЫХ СИСТЕМ

(Представлено академиком И. В. Петряновым-Соколовым 5 XI 1975)

Известно, что магнитные поля (м.п.) умеренной напряженности, воздействуя на коллоидные системы, дисперсионной средой которых является вода, могут существенно изменять свойства этих систем (основная литература приведена в ⁽¹⁾). При обсуждении наблюдаемых эффектов в большинстве случаев принимается во внимание главным образом энергетическая сторона взаимодействия, т. е. величина напряженности поля в рабочем объеме. Однако многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о недостаточности такой характеристики поля и необходимости учета других параметров, и прежде всего — градиента напряженности м.п. Это представляется логичным, поскольку пондеромоторная сила определяется в равной мере как напряженностью, так и градиентом напряженности поля. Известны некоторые опыты, выявляющие роль градиента ⁽¹⁾, но их безусловно недостаточно. При этом не ясно, сводится ли участие градиента в образовании эффекта к действию пондеромоторной силы или его влияние носит более сложный характер.

С целью уточнения роли напряженности, градиента напряженности м.п. и пондеромоторной силы были проведены следующие опыты.

Объектом исследования была выбрана кровь, тестом — реакция оседания эритроцитов (р.о.э.), исходя из следующих соображений. Установлено, что р.о.э. чувствительна к действию не только сильных, но и слабых м.п. ⁽²⁾. Тест позволяет получать количественную оценку эффекта и дает сравнительно высокое пространственное разрешение эффекта в поле по градиенту и напряженности при использовании достаточного числа идентичных проб. Выявлено влияние слабых м.п. инфранизких частот на состояние гемоглобина ⁽³⁾, на свойства мембран эритроцитов и изменение конформации белков крови ^(5, 6). Существовало, что свойства этих элементов крови тесно связаны с состоянием структурированной воды в системе ⁽⁷⁾. Наконец, исследование действия слабых м.п. на кровь представляет большой практический интерес.

Для опытов использовалась свежая венозная кровь людей с сердечно-сосудистой патологией. Проба крови смешивалась с 5% раствором трехзамещенного лимоннокислого натрия в пропорции 2:1. Цитратная кровь при постоянном размешивании набиралась в строго идентифицированные стеклянные капилляры, которые тут же ставились в штативы из немагнитного материала. Последние затем помещались в м.п. Время фиксации капилляра и последующих наблюдений уровня оседания эритроцитов контролировалось по секундомеру. Для повышения точности измерений величина р.о.э. вычислялась для каждого капилляра путем нелинейной интерполяции значений уровня по седиментограмме к моменту времени, равному одному часу экспозиции. Колебания температуры не превышали 0,1° С. Применялись и другие меры, в сумме обеспечившие относительную погрешность измерений р.о.э. не более 3%.

М.п. создавалось соленоидом. Максимальная напряженность поля в его центре составляла 23,8 а/м, частота 0,5 гц. Опыты проводились в помещении, не искажавшем пространственную однородность геомагнитного поля. Фон контролировался магнитографом. Опыты, проведенные в магнитовозмущенные дни, не учитывались.

На рис. 1 приведено изменение напряженности и ее градиента по оси соленоида. Капилляры (30–45 штук) с кровью располагались на этой оси, а 10 штук помещались в контроль вне поля. В первой серии, состоявшей из 25 опытов, капилляры ставились равномерно через 2 см от центра. Опыты выявили сложный полимодальный характер изменения р.о.э. вдоль оси соленоида. Помимо индивидуальных различий эффектов для разных проб крови, во всех опытах в пространственных распределениях

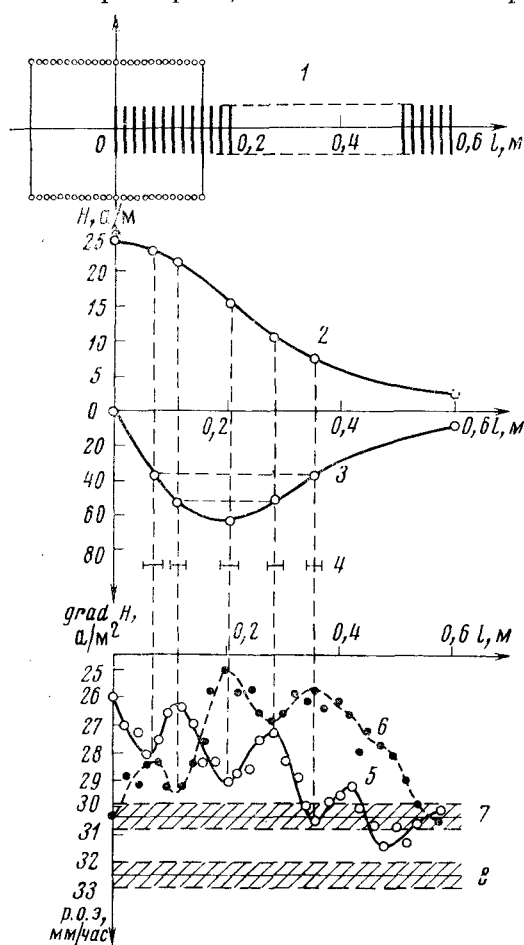


Рис. 1. Характеристики м.п. в эксперименте и определение координат экстремумов, образованных изменением скорости седиментации в зависимости от параметров поля. 1 – соленоид и расположение капилляров в опытах первой серии; 2 – кривая изменения напряженности м.п. вдоль оси соленоида; 3 – кривая изменения градиента напряженности вдоль оси соленоида; 4 – положения экстремумов и их доверительные интервалы по данным всех опытов; 5, 6 – примеры изменения р.о.э. и образования экстремумов по данным двух опытов первой серии; 7, 8 – уровни контроля и их доверительные интервалы для опытов примеров 5 и 6 соответственно. l – расстояние от центра соленоида

статистически достоверно отмечено пять характерных экстремумов в изменении р.о.э. (см. рис. 1). Этим точкам соответствуют (попарно) фиксированные значения градиента напряженности м.п.

В контрольной серии из 20 опытов в найденные области положения экстремумов помещалось по три капилляра. Опыты подтвердили наличие экстремумов и статистически достоверное их отличие друг от друга по уровню.

Следует отметить, что поскольку кровь в опытах принадлежала разным людям, ее формула, белковый состав плазмы, параметры форменных элементов были неповторимы. Общим постоянным компонентом исследуемого субстрата во всех случаях была вода. Поэтому со значительной степенью вероятности можно предположить ее определяющую роль в возникновении экстремумов, постоянных для всех проб крови.

Результаты опытов однозначно свидетельствуют о том, что эффекты, возникающие после магнитной обработки данной водной системы, связаны с величинами напряженности поля (H) и его градиентом ($\text{grad } H$) сложной пелинейной связью, которую пока не удастся однозначно выра-

зять простым аналитическим выражением. Из рис. 1 видно, что пространственное изменение р.о.э. не определяется величиной пондеромоторной силы или ее составляющих, о чем можно судить по значению р.о.э. в точках поля, имеющих равные градиенты. При этом существенная роль градиентов напряженности в формировании эффекта и его экстремумов не подлежит сомнению. Необходимо отметить, что зависимость р.о.э. от напряженности однородного м.п., как было показано ранее (⁴), носит пороговый характер. Для магнитоактивной крови этот порог составляет величину порядка 7 а/м, причем при значениях напряженности, превышающих пороговую, величина эффекта не изменяется. Эти наблюдения подтверждают сложность рассматриваемых нами эффектов, не сводящихся к действию механических сил, величина которых, как известно, растет пропорционально напряженности поля.

Таблица 1

Изменение р.о.э. крови в зависимости от условий магнитной обработки (I)
и последующего перемешивания соответствующих проб (II) (вне поля)

Условия обработки крови	$M^I_{\text{р.о.э}} \pm \sigma$, мм/час	Достоверность отклонения от I контроля	$M^{II}_{\text{р.о.э}} \pm \sigma$, мм/час	Достоверность отклонения $M^{II}_{\text{р.о.э}}$ от $M^I_{\text{р.о.э}}$	Достоверность отклонения $M^{II}_{\text{р.о.э}}$ от II контроля
Без магнитной обработки (контроль)	6,6±0,3	—	6,1±0,1	0,916	—
Экспозиция в однородном поле напряженностью 23,8 а/м	5,3±0,1	0,995	6,2±0,4	0,951	0,558
Экспозиция в неоднородном поле с максимальной напряженностью 78,5 а/м	12,2±0,6	0,998	10,1±1,1	0,870	0,992

К аналогичному выводу о немеханическом характере изменений приводят и результаты опытов по исследованию влияния перемешивания данной водной системы на эффект ее магнитной обработки. Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что перемешивание не уничтожает изменений, полученных в результате магнитной обработки крови неоднородным магнитным полем оптимальных параметров. Существенно, что даже если полагать пробу обрабатываемой водной системы замкнутой системой, аддитивно поглощающей энергию поля, то оказывается, что энергия, переданная объекту полем за все время экспозиции, на несколько порядков меньше энергии, необходимой для осуществления наблюдаемых изменений конформации молекул белка (расчеты проделаны для водных растворов белков сыворотки крови (⁶)). Это свидетельствует о том, что слабое переменное м.п. оказывает на систему регулирующее влияние, перераспределяя внутреннюю энергию системы.

Таким образом, эффект магнитной обработки рассматриваемой водной системы определяется не столько величиной энергии м.п., сколько характером ее изменения во времени (частотой) и в пространстве (градиентом). Естественно, что для других водных систем этот вывод подлежит детальной проверке.

Поступило
1 XI 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Классен, Вода и магнит. М., 1973. ² Н. И. Музалевская, Г. Д. Шушков, Матер. Всесоюз. симп.: Реакция биологических систем на слабые магнитные поля. М., 1972, стр. 143. ³ Р. И. Павлова, Н. И. Музалевская, В. В. Соколовский, Системы адаптации и внешняя среда, Л., 1975, стр. 120. ⁴ Н. И. Музалевская, там же, стр. 113. ⁵ В. В. Соколовский, Н. И. Музалевская, Р. И. Павлова, Матер. III Всесоюз. симп.: Влияние магнитных полей на биологические объекты, Калининград, 1975, стр. 74. ⁶ Н. И. Музалевская, там же, стр. 35. ⁷ Сб.: Состояние и роль воды в биологических объектах, М., 1967.