

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСТВОРИМОСТЬ ОРГАНОМИНЕРАЛОВ ЧЕЛОВЕКА ОКСАЛАТНОГО ТИПА В ВОДЕ IN VITRO

В. М. Попков — ректор ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, заведующий кафедрой урологии, доктор медицинских наук; **Д. А. Усанов** — ФГБОУ ВПО Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, проректор по НИР, заведующий кафедрой физики твердого тела, профессор, доктор физико-математических наук; **А. Д. Усанов** — ФГБОУ ВПО Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, кафедра медицинской физики, доцент, кандидат физико-математических наук; **В. Г. Ребров** — ФГБОУ ВПО Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, кафедра физики твердого тела, доцент, кандидат биологических наук; **Д. Г. Верхов** — ФГБОУ ВПО Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, инженер; **В. М. Буланов** — ФБУ Саратовская лаборатория судебной экспертизы Министерства юстиции РФ, старший эксперт.

LOW-FREQUENCY MAGNETIC FIELD EFFECT ON SOLUBILITY OF OXALATE TYPE HUMAN ORGANOMINERALS IN WATER IN VITRO

V. M. Popkov — Rector of Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Head of Department of Urology, Doctor of Medical Science; **D. A. Usanov** — Saratov State University n.a. N. G. Chernyshevsky, Head of Department of Solid State Physics, Doctor of Physical and Mathematical Science; **A. D. Usanov** — Saratov State University n.a. N. G. Chernyshevsky, Department of Medical Physics, Assistant Professor, Candidate of Physical and Mathematical Science; **V. G. Rebrov** — Saratov State University n.a. N. G. Chernyshevsky, Department of Solid State Physics, Assistant Professor, Candidate of Biological Science; **D. G. Verkhov** — Saratov State University n.a. N. G. Chernyshevsky, Engineer; **V. M. Bulanov** — Saratov Laboratory of Forensic Examination, Chief Expert.

Дата поступления — 01.07.2012 г.

Дата принятия в печать — 12.09.2012 г.

Попков В. М., Усанов Д. А., Усанов А. Д., Ребров В. Г., Верхов Д. Г., Буланов В. М. Влияние низкочастотного магнитного поля на растворимость органоминералов человека оксалатного типа в воде in vitro // Саратовский научно-медицинский журнал. 2012. Т. 8, № 3. С. 831–834.

Цель: выяснение влияния низкочастотного ПМП, действующего на воду с помещенным в нее мочевым камнем человека (оксалатного типа), на эффективность растворения вещества камня in vitro. В состав камня входили органические компоненты (63,1%), приводящие к уменьшению плотности раствора; мочевины (18,8%), напротив, приводящая к ее увеличению, и щавелевая кислота (19,7%). **Материал и методы.** При воздействии низкочастотных переменных магнитных полей могут возникать структурные изменения водных растворов, проявление которых зависит от химического состава исследуемых растворов. **Результаты.** Уменьшение величины коэффициента пропускания T (%) от времени растворения образца камня свидетельствует об увеличении концентрации растворенного вещества камня в водном растворе, обработанного ПМП в диапазоне частот 2–9 Гц на фоне контрольного, тогда как рост этой зависимости с увеличением частоты ПМП в интервале 11–22 Гц свидетельствует о меньшей концентрации в опытном растворе, чем в контрольном. **Заключение.** Результаты эксперимента по определению влияния ПМП в диапазоне 2–22 Гц на растворимость образца мочевого камня, диспергированного и находящегося в воде, при действующем ПМП в течение часа свидетельствуют о максимальной растворимости камня при частоте 2 Гц на 14% больше, чем в контрольном растворе. Эффективность влияния ПМП на растворимость органоминерала падает с ростом частоты, что подтверждают результаты спектрофотометрических и ареометрических измерений.

Ключевые слова: переменное магнитное поле, растворимость органоминералов, коэффициент пропускания, плотность, мочевины.

Popkov V. M., Usanov D. A., Usanov A. D., Rebrov V. G., Verkhov D. G., Bulanov V. M. Low-frequency magnetic field effect on solubility of oxalate type human organominerals in water in vitro // Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2012. Vol. 8, № 3. P. 831–834.

The research goal is to determine low-frequency AMF effect on dissolution of urinary stone material in vitro in water with human urinary stones (oxalate type). **Materials and Methods.** The structural changes in aqueous solutions may occur when exposed to low-frequency alternating magnetic fields (AMF). It depends on chemical composition of the solutions under the study. **Results.** Organic components (63.1%), leading to the density decrease of the solution, urea (18.8%), leading to its increase, and oxalic acid (19.7%) have been determined in stone composition. The decrease of transmittance T (%) by the time of oxalate dissolution has indicated increase in concentration of dissolved sample. The sample has been exposed to AMF of 2–9 Hz on the background of the control sample. The growth of this dependence with AMF increasing of 11–22 Hz has established less concentration of dissolved sample in the test solution than in the control one. **Conclusion.** The main task has been to determine the influence of AMF of 2–22 Hz on solubility of urinary stones placed in water for an hour. The article is to conclude that maximal solubility of oxalate mineral sample by AMF of 2–22 Hz has been reached. It is 14% more than in the control solution. The effectiveness of AMF influence on solubility of organomineral decreases with frequency increasing. It has been confirmed by photometric and areometric measurements.

Key words: alternating magnetic field, solubility of organominerals, transmittance, density, urea.

Введение. Физико-химические свойства воды как растворителя изменяются под действием низко-

частотных магнитных полей [1]. Под влиянием низкоинтенсивных переменных магнитных полей (ПМП) могут возникать структурные изменения водных растворов, проявление которых зависит от химического состава исследуемых растворов [2]. Целью исследо-

Ответственный автор — Усанов Дмитрий Александрович.
Адрес: 410056, г. Саратов, ул. Чапаева, 19/27, кв. 97.
Тел.: +79272772758.
E-mail: usanov@sgu.ru

ваний, результаты которых изложены в настоящей работе, было выяснение влияния низкочастотного ПМП, действующего на воду с помещенным в нее мочевым камнем человека (оксалатного типа), на эффективность его растворения в воде *in vitro*. Такого рода исследования проводились для случая, когда мочевые камни (ураты) помещались в предварительно обработанную ПМП воду [3].

Методы. В каждом эксперименте использовали минералы оксалатного типа из коллекции мочевых камней, предоставленной кафедрой урологии Саратовского государственного медицинского университета.

Опыты проводились на водных растворах диспергированного до размера фракции 0,1–0,5 мм мочевого камня из указанной коллекции. Рабочий объем растворов составлял 8 мл. Источником магнитного поля служила установка, детальное описание которой приведено в работе [4]. В качестве контроля использовали растворы того же образца в дистиллированной воде, которые находились в той же лаборатории при фоновых уровнях магнитных полей, характерных для места проведения опытов.

Растворимость органоминерала в опыте определяли:

1) *спектрофотометрическим методом* в величинах на пропускание T (%). Регистрацию проводили через каждые 15 мин воздействия ПМП в течение часа на спектрофотометре Shimadzu-MRS-5000 (Япония) при комнатной температуре в кварцевых кюветах размером $1 \times 1 \times 4,5$ см. Спектры анализировали как в максимумах поглощения матричных белков мочевых камней при $\lambda=290$ нм [5], так и в видимой области спектра при длине волны $\lambda=560$ нм. Оптическая плотность раствора и концентрация растворенного в нем вещества в исследуемом объекте связаны прямой пропорциональной зависимостью, что используется для количественных определений содержания компонентов [6];

2) *ареометрическим методом* по изменению величины плотности растворов от времени растворения минералов непосредственно в процессе магнитной обработки его в течение часа.

В предварительном опыте был проведен анализ фазового состава мочевого камня методом ИК-спектроскопии. Исходный материал готовился способом прессования таблеток с KBr (5 мг образца и 300 мг KBr). Спектры материала регистрировали на ИК-спектрометре Infracum FT-801.

Результаты. Для определения элементного состава отобранного для опыта мочевого камня был проведен его анализ на рентгенофлуоресцентном спектрометре (спектроскан МАКС-GV). Отобранный над осадком раствор прокачивали через сорбционный фильтр ДЭТАТА. После прокачивания рабочего раствора фильтр тщательно промывали дистиллированной водой. Фильтр слегка подсушивался, затем регистрировались спектры рентгеновской флуоресценции вещества, сорбированного на фильтре. Полученные спектры для определения концентрации элементов обрабатывались по методу фундаментальных параметров. Результаты этого анализа представлены в таблице.

Элементный состав минеральной части органоминерала, используемого в опыте (0,2% от общей массы органоминерала)

Компонента	Концентрация, %
SiO ₂	7,48
PO ₄	7,92
SO ₄	15,75
Cl	14,03
K	10,70
CaO	20,11
Fe	2,10
Cu	18,91
Zn	3,00

Как видно из таблицы, основная доля исследуемого образца состоит из силикатов, фосфатов,

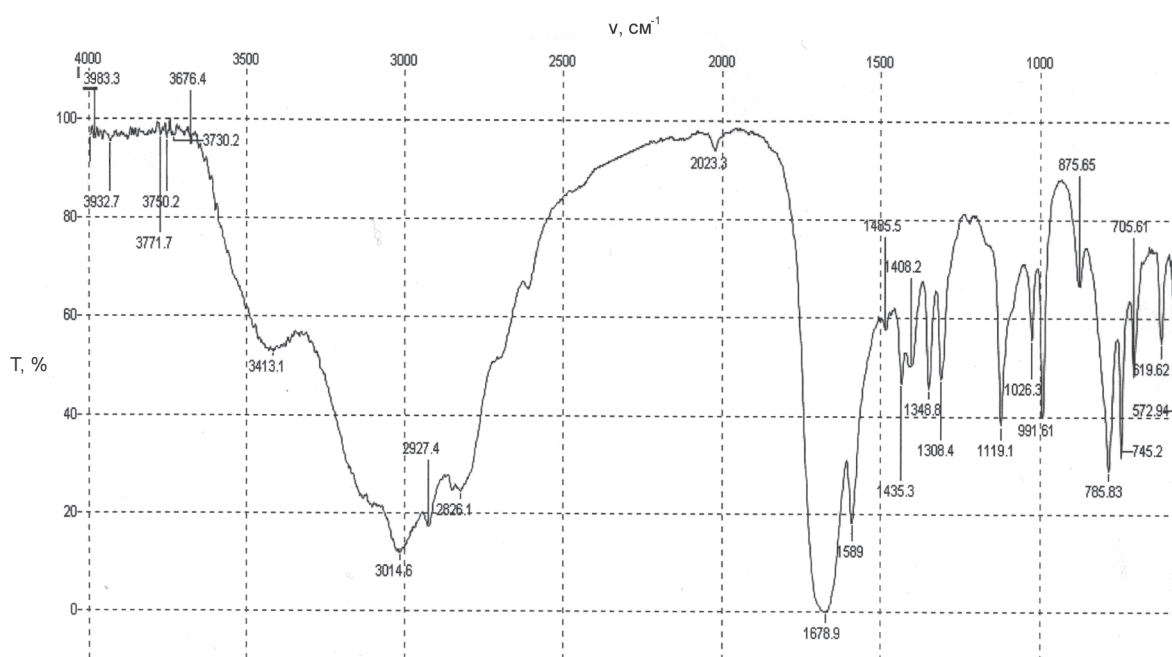


Рис. 1. ИК-спектр исходного органоминерала, использованного в опыте

кальцитов. Анализ ИК-спектра этого образца, представленного на рис. 1, показал, что в его составе обнаруживаются белковые компоненты (63,1%), мочевины (18,8%) и щавелевая кислота (19,7%). Чтобы выяснить, каким образом ПМП влияет на процесс растворения мочевого камня исследуемого типа, был проведен модельный эксперимент по растворению отдельных компонент, входящих в его состав.

Как следует из рис. 2, присутствие органической компоненты в воде приводит к уменьшению плотности раствора, а присутствие мочевины приводит к ее увеличению. В растворе щавелевой кислоты изменение плотности по сравнению с дистиллированной водой было незначительным, что связано с плохой ее растворимостью в воде (8% при нормальных условиях).

Таким образом, при растворении образца мочевого камня необходимо учитывать несколько процессов: растворение органической компоненты камня вместе с минеральной его составляющей, выход в раствор мочевины и щавелевой кислоты (слабо растворимой в воде).

Обсуждение. Настоящее обсуждение полученных результатов относится к области фотометрии растворов на длине волны 290 нм, для которой наиболее выражено белковое поглощение. В видимой области (560 нм) различие в величине T (%) между контрольным и опытным растворами образца мочевого камня было незначительным и в данной работе не обсуждается.

На рис. 3 представлены зависимости коэффициента пропускания T на длине волны 290 нм от времени растворения образца мочевого камня в дистиллированной воде, находящегося в ПМП в течение 60 минут с частотами из диапазона 2–9 Гц, а на рис. 4 — с частотами 11 и 22 Гц.

Уменьшение величины T (%) с ростом времени растворения свидетельствует об увеличении концентрации растворенного образца, обработанного ПМП, на фоне контрольного, тогда как рост данной зависимости с увеличением частоты ПМП в интервале 11–22 Гц (рис. 4) свидетельствует о меньшей концентрации растворенного образца в опытном растворе относительно контроля.

Результаты по измерению плотности исследуемых растворов при действующем ПМП ареометрическим методом представлены на рис. 5 и 6.

Из приведенных на рис. 5 результатов следует, что для частоты 2 Гц в течение 15 минут наблюдается резкое уменьшение плотности раствора, после чего зависимость плотность раствора от времени растворения возрастает до значений несколько меньших, чем исходная перед включением ПМП. При частоте ПМП 6 и 9 Гц наблюдается сходная зависимость: уменьшение плотности раствора до 45-й минуты, после чего происходит ее возрастание. Для частот 4 и 9 Гц плотность уменьшается и начинает возрастать лишь при выключении ПМП на 60-й минуте. В отсутствие ПМП (кривая 1) наблюдается монотонный спад плотности раствора в течение 45 минут. Можно сделать вывод о том, что уменьшение плотности как опытного, так и контрольного раствора, связано с выходом в воду органической фракции, тогда как ее последующий рост в опытных растворах связан с выходом в воду мочевины, что хорошо соответствует модельному эксперименту, результаты которого приведены на рис. 2.

На рис. 6 представлены результаты измерения плотности растворов того же образца мочевого кам-

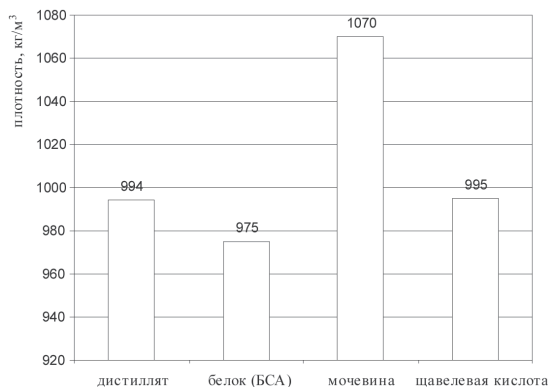


Рис. 2. Измерение плотности дистиллированной воды в присутствии белка, мочевины и щавелевой кислоты: белок (БСА) 0,05 г / 8 мл воды; мочевины 0,014 г / 8 мл воды; щавелевая кислота 0,015 г / 8 мл воды

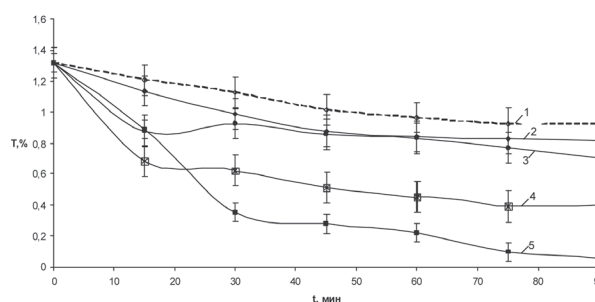


Рис. 3. Зависимость изменения коэффициента пропускания T растворов от времени воздействия ПМП: кривая 1 — без магнитного поля; кривая 2 — частота ПМП 4 Гц; кривая 3 — частота ПМП 9 Гц; кривая 4 — частота ПМП 6 Гц; кривая 5 — частота ПМП 2 Гц

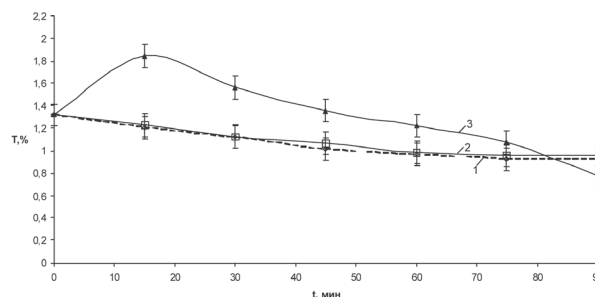


Рис. 4. Зависимость изменения коэффициента пропускания T (%) растворов от времени воздействия ПМП: кривая 1 — без магнитного поля; кривая 2 — частота ПМП 11 Гц; кривая 3 — частота ПМП 22 Гц

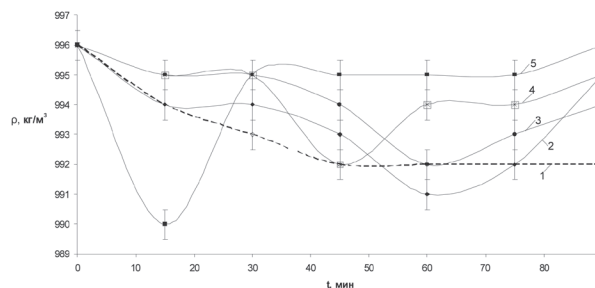


Рис. 5. Зависимость плотности раствора мочевого камня от времени растворения при воздействии ПМП из диапазона частот 2–9 Гц: кривая 1 — без магнитного поля; кривая 2 — частота ПМП 4 Гц; кривая 3 — частота ПМП 9 Гц; кривая 4 — частота ПМП 6 Гц; кривая 5 — частота ПМП 2 Гц

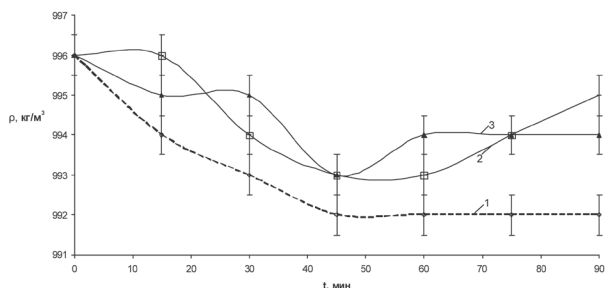


Рис. 6. Зависимость плотности раствора мочевого камня от времени растворения при воздействии ПМП: кривая 1 — без магнитного поля; кривая 2 — частота ПМП 11 Гц; кривая 3 — частота ПМП 22 Гц

ня в зависимости от времени растворения при частотах ПМП 11, 22 Гц.

Исходя из полученных результатов (как фотометрических, так и ареометрических), можно предположить, что растворение мочевых камней непосредственно в ПМП в составе готового раствора идет в несколько стадий, и значение частоты ПМП существенным образом влияет на этот процесс. Результаты настоящего эксперимента отличаются от полученных нами ранее результатов [3], где использовали мочевые камни (уратного типа), в состав которых входила в основном мочевина (99,9%), хорошо растворимая в воде. В настоящем опыте образец мочевого камня по большей части состоит из малорастворимых и нерастворимых соединений (см. таблицу). Помимо этого, вся минеральная часть исследуемого мочевого камня связана большим количеством органической фазы.

Наблюдаемое уменьшение плотности раствора происходит при растворении органической фракции за счет гидратации белковых остатков [7]. Одновременно с этим происходит и увеличение концентрации мочевины в растворе. Следовательно, уменьшение плотности раствора за счет гидратированных органических компонент продолжается до тех пор, пока концентрация мочевины не достигнет того уровня, когда она начнет растворяться в связанной белками воде, что и влияет на увеличение плотности раствора.

Отметим, что, как было показано в [3], помещение в предварительную обработанную ПМП воду мочевых камней, относящихся к уратам, имело большую растворимость (примерно 27%), чем в контрольном растворе, которая была максимальной при частоте ПМП 22 Гц. Нами было также определено количество растворенного мочевого камня весовым методом, что составляло 22%, тогда как в контрольном растворе 8,1% при воздействии ПМП с частотой 2 Гц.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод о том, что наблюдаемые изменения плотности

раствора (см. рис. 5, 6), а именно падение плотности в интервале времени (15 мин — 2 Гц, 50 мин — 6 Гц, 60 мин — 9 Гц, см. рис. 5) связаны с растворением органической компоненты мочевого камня, а ее последующий рост объясняется выходом в раствор мочевины, в то время как в контрольном растворе происходит только растворение органической оболочки камня. Растворимость образца минерала оксалатного типа максимальна при ПМП с частотой 2 Гц и на 14% больше, чем в контрольном растворе. Эффективность влияния ПМП на растворимость органоминарала падает с ростом частоты.

Конфликт интересов. Работа выполнена в рамках НИР кафедры урологии ГБОУ ВПО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России.

Библиографический список

1. Аксенов С. И. Вода и ее роль в регуляции биологических процессов. М.: Наука, 1990. 118 с.
2. Яблокова Е. В., Новиков В. В., Фесенко Е. Е. Действие слабых магнитных полей на флуоресценцию воды и водно-солевых растворов. Выделение и частичная характеристика флуоресцирующих фракций // Биофизика. 2007. Т. 52, № 2. С. 197–204.
3. Попков В. М., Усанов Д. А., Ребров В. Г., Усанов А. Д. Влияние низкочастотного магнитного поля на растворимость органоминаралов человека *in vitro* // Урология. 2012. Вып. 2. С. 17–19.
4. Усанов Д. А., Шишкин Г. Г., Скрипаль А. В., Усанов А. Д. Влияние внешнего переменного магнитного поля на частоту сердечбиений пресноводного рачка — дафнии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2001. Вып. 8. С. 57–61.
5. Демченко А. П. Ультрафиолетовая спектрофотометрия и структура белков. Киев: Наук. думка. 1981. 208 с.
6. Кеслер И. Методы инфракрасной спектроскопии в химическом анализе. М.: Мир, 1964. 257 с.
7. Гильберт Линг. Физическая теория живой клетки: незавершенная революция. СПб.: Наука, 2008. 376 с.

Translit

1. Aksekov S. I. Voda i ee rol' v reguljacii biologicheskikh processov. M.: Nauka, 1990. 118 s.
2. Jablokovala E. V., Novikov V. V., Fesenko E. E. Dejstvie slabych magnitnyh polej na fluorescenciju vody i vodno-solevyh rastvorov. Vydelenie i chastichnaja harakteristika fluoescirujujuih frakcij // Biofizika. 2007. T. 52, № 2. S. 197–204.
3. Popkov V. M., Usanov D. A., Rebrov V. G., Usanov A. D. Vlijanie nizkochastotnogo magnitnogo polja na rastvorimost' organomineralov cheloveka *in vitro* // Urologija. 2012. Vyp. 2. S. 17–19.
4. Usanov D. A., Shishkin G. G., Skripal' A. V., Usanov A. D. Vlijanie vneshnego peremennogo magnitnogo polja na chastotu serdcebienij presnovodnogo rachka — dafniju // Biomedicinskaja radioelektronika. 2001. Vyp. 8. S. 57–61.
5. Demchenko A. P. Ul'traioletovaja spektrofotometrija i struktura belkov. Kiev: Nauk. dumka. 1981. 208 s.
6. Kesler I. Metody infrakrasnoj spektroskopii v himicheskom analize. M.: Mir, 1964. 257 s.
7. Gil'bert Ling. Fizicheskaja teorija zhivoj kletki: nezamechnaja revoljucija. SPb.: Nauka, 2008. 376 s.

УДК 616.61–006.6–073.75 (048.8)

Обзор

ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ РАКА ПОЧКИ (ОБЗОР)

В. М. Попков — ректор ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, заведующий кафедрой урологии, доктор медицинских наук; **Ю. Е. Никольский** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии, ассистент; **М. Л. Чехонацкая** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии, профессор, доктор медицинских наук; **Н. Б. Захарова** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, заведующая ЦНИЛ, профессор кафедры клинической лабораторной диагностики, доктор медицинских наук; **А. Н. Понукалин** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, доцент кафедры урологии, кандидат медицинских наук; **В. В. Зуев** — ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии.