

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Создание информационной интеллектуальной системы предварительной диагностики является важным средством мониторинга здоровья людей. В рамках разрабатываемой интеллектуальной системы рассматривается предварительное прогнозирование уровня содержания микроэлементов без забора анализа.

В результате обработки экспериментальных медицинских данных анализов микроэlementного состава разработана система продукционных правил, положенная в основу принятия диагностических решений по уровню содержания микроэлементов в организме человека на основе интеллектуальной системы предварительной диагностики.

Ключевые слова: микроэлементы, интеллектуальный анализ данных, интеллектуальная система, биоэлементный статус человека.

В настоящее время в отечественной медицине активно развивается учение о микроэlementозах. Медиками выявлена взаимосвязь между болезнями и недостаточностью содержания в организме жизненно необходимых минералов и витаминов.

Как правило, клинические признаки микроэlementного дефицита указывают на конечную стадию процесса. Применение микроэлементов с профилактической целью позволяет скорректировать отклонения в минеральном обмене на начальных этапах и, тем самым, предупредить развитие целого ряда заболеваний.

В определении роли микроэлементов для организма человека существуют подходы, базирующиеся на таких критериях, как роль химических элементов в питании, участие в метаболизме, растворимость, заменяемость, степень токсичности, проявление биологической активности, геохимические свойства, ионные и ковалентные характеристики, положение в периодической системе и другие факторы.

Одним из важных критериев биологической значимости микроэлементов является их содержание в организме, которое зависит от внешних и внутренних факторов.

Для получения новой информации о факторах, влияющих на содержание микроэлементов, необходимо применение эффективных методов обработки экспериментальных данных и постановка целенаправленных экспериментов.

Чем раньше будут выявлены отклонения биоэлементного статуса конкретного человека от оптимального, тем эффективнее будут результаты профилактических или (в случае

выявленного дисэлементоза) корригирующих мероприятий [1].

Целью исследования является формирование базы знаний системы предварительной диагностики уровня содержания микроэлементов в организме человека методами интеллектуального анализа данных.

Для достижения поставленной цели решены следующие основные задачи:

- формирование продукционной системы правил на основе решающих деревьев;
- проектирование интеллектуальной системы, реализующей предварительную диагностику уровня содержания микроэлементов в организме человека.

Методы исследования

Поставленные задачи решались с использованием методов интеллектуального анализа данных, статистического анализа и методов разработки специального программного обеспечения для анализа и обработки больших объемов медицинских данных.

В рамках работы рассмотрены такие методы интеллектуального анализа данных, как решающие деревья для прогнозирования содержания микроэлементов в организме человека и выявления факторов, влияющих на уровень содержания микроэлементов в организме человека.

Оценка микроэlementного статуса человека необходима для адекватной оценки ситуации и решении возникающих проблем [2].

Определение элементного статуса человека возможно посредством анализа таких

биологических субстратов, как кровь, моча, волосы и др., каждый из которых обладает определенной информативностью. Согласно современным представлениям, волосы отражают элементный статус за длительный период времени. В волосах можно проследить изменение содержания того или иного эссенциального или токсического элемента, возникающее при длительном воздействии определенных факторов, специфических для конкретных регионов, в том числе окружающей среды. Установлено, что волосы людей, проживающих в разных странах, различаются по своему химическому составу. Это обусловлено различным содержанием химических элементов в питьевой воде, продуктах питания; также большое влияние оказывают климат, биогеохимические, социальные, профессиональные и физиологические факторы [3].

В настоящем исследовании определение микроэлементного статуса осуществляется на основе анализа содержания микроэлементов в волосах человека в центилях с помощью атомно-эмиссионной спектрометрии. Образцы волос подвергались пробоподготовке согласно требованиям Методических указаний 4.1.1482-03 и 4.1.1483-03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой». Анализ исследуемых образцов осуществлялся в лаборатории АНО «Центра биотической медицины», г. Москва (аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, регистрационный номер в Государственном реестре РОССТУ.0001.513118 от 29 мая 2003) [4].

Анализ микроэлементов, содержащихся в волосах человека, служит информативным методом тестирования и диагностирования состояния здоровья человека. При этом проведение полного анализа по всем микроэлементам занимает продолжительное время и требует значительных финансовых затрат.

Необходимость разработки интеллектуальной системы диагностики обусловлена следующими факторами [5]:

– в реальной ситуации врачу приходится обрабатывать значительный объем клинических, лабораторных и инструментальных данных об индивидуальных особенностях пациента. Интеграция большого числа данных, их интерпре-

тация, классификация объектов – представляет сложную проблему;

– решение приходится принимать, когда априорно поступает неполная, неопределенная, субъективная и противоречивая информация.

Создание информационной интеллектуальной системы предварительной диагностики является важным средством мониторинга здоровья людей.

В рамках разрабатываемой интеллектуальной системы рассматривается предварительное прогнозирование уровня содержания микроэлемента без забора анализа.

На уровень содержания микроэлементов в организме человека влияют внешние и внутренние факторы.

Важным внешним фактором является распространенность в земной коре, поскольку основным источником химических элементов для человека являются продукты питания и вода, с которыми химические элементы поступают в желудочно-кишечный тракт.

Возможны и иные пути проникновения микроэлементов – с вдыхаемым воздухом, через кожу и другие [6], [7].

Имеют значение и другие внешние факторы: агрегатное состояние природных соединений микроэлементов, растворимость в воде, форма поступления в организм, к примеру, в растениях элементы находятся в биологически активных концентрациях, поэтому лучше усваиваются организмом человека

К внутренним факторам, влияющим на содержание и проявление физиологической роли химических элементов относят их распределение в различных органах и тканях, форма нахождения химических элементов, влияющая на константу устойчивости координационного соединения, а также положение в периодической системе, обуславливающее проявление всех их биологических реакций [8], [9].

Кроме этого, содержание микроэлементов зависит от возраста человека, состояния функциональной активности, биологических и суточных ритмов, наличия патологического процесса, в том числе стресса, состояния наркоза и так далее [10], [11].

Согласно методу доктора Скального » (метод зарегистрирован в РАО, свидетельство №2471 от 06 ноября 1997 г.) определяются отклонения в состоянии здоровья и выявляются предрасположенности к развитию заболеваний,

обусловленных генетической наследственностью, влиянием окружающей среды, образом жизни, питанием и другими факторами, на основе изучения микроэлементов, содержащихся в организме человека. Их дефицит или избыток – точные индикаторы болезней организма или же непосредственно причина заболеваний [12], [13]. В работе рассмотрено влияние следующих основных факторов: район проживания, возрастная группа, тип питания и пол человека.

В проводимом исследовании для прогнозирования уровня микроэлементов примем следующую центильную шкалу, используемую в настоящее время врачами [14]:

- содержания микроэлемента составляет до 25 центилей, то наблюдается недостаток данного микроэлемента;
- содержание микроэлемента находится в диапазоне от 25 до 75 центилей, то уровень содержания в норме;
- содержание микроэлемента свыше 75 центилей, то наблюдается избыточное содержание микроэлемента.

Настоящее исследование проведено на примере базы данных «Результаты медицинских анализов микроэлементного состава по городу-мегаполису N».

Объем выборки реальных медицинских данных анализов микроэлементного состава составил 68 000 записей, объем по каждому микроэлементу представляет от 3064 до 3452 записей. В работе исследовано влияние четырех факторов на уровень содержания 23 микроэлементов в организме человека: мышьяк, фосфор, алюминий, бериллий, кальций, кадмий, кобальт, хром, медь, железо, калий, литий, магний, марганец, натрий, никель, свинец, селен, кремний, олово, титан, ванадий, цинк.

В таблице 1 представлены данные объема выборок по каждому микроэлементу с разбивкой по возможным значениям уровня их содержания.

Представленные микроэлементы по-разному воздействуют на организм человека и в определенной концентрации необходимы и безопасны.

Выделяют следующую группировку микроэлементов:

Таблица 1 – Данные объема выборок микроэлементов по уровням содержания

Название	Объем выборки	Уровень содержания микроэлемента					
		норма		повышено		понижено	
		число записей	% к общей выборке	число записей	% к общей выборке	число записей	% к общей выборке
Мышьяк	3451	3340	96,78	111	3,22		
Фосфор	3451	2073	60,07	509	14,75	869	25,18
Алюминий	3451	3032	87,86	242	7,01	177	5,13
Бериллий	3451	3451	100,00				
Кальций	3451	2104	60,97	480	13,91	867	25,12
Кадмий	3443	3200	92,94	243	7,06		
Кобальт	3451	1652	47,87	13	0,38	1786	51,75
Хром	3452	1908	55,27	503	14,57	1041	30,16
Медь	3452	2396	69,41	451	13,06	605	17,53
Железо	3450	1852	53,68	338	9,80	1260	36,52
Калий	3450	1721	49,88	666	19,30	1063	30,81
Литий	3451	3398	98,46	19	0,55	34	0,99
Магний	3451	1620	46,94	406	11,76	1425	41,29
Марганец	3452	1666	48,26	407	11,79	1379	39,95
Натрий	3450	2038	59,07	703	20,38	709	20,55
Никель	3451	3376	97,83	75	2,17		
Свинец	3451	3156	91,45	295	8,55		
Селен	3452	1994	57,76	217	6,29	1241	35,95
Кремний	3451	2012	58,30	1011	29,30	428	12,40
Олово	3083	2959	95,98	124	4,02		
Титан	3248	3128	96,31	120	3,69		
Ванадий	3064	2964	96,74	100	3,26		
Цинк	3452	1917	55,53	268	7,76	1267	36,70

– минорные микроэлементы: селен Se, кобальт Co, цинк Zn, марганец Mn, медь Cu.

– эссенциальные микроэлементы: железо Fe, йод I, медь Cu, цинк Zn, кобальт Co, хром Cr, молибден Mo, селен Se, марганец Mn

– условно-эссенциальные микроэлементы: мышьяк As, бор B, бор Br, фтор F, литий Li, никель Ni, кремний Si, ванадий V, кадмий Cd, свинец Pb.

– жизненно-важные элементы: структурные (макро-) элементы – H, O, N, C; Ca, Cl, F, K, Mg, Na, P, S и 8 микроэлементов – Cr, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Se, Zn.

Полноценное содержание эссенциальных элементов и минимальное, не угрожающее срыву адаптационных механизмов организма, присутствие токсичных и условно-токсичных элементов, составляет один из важнейших компонентов нормального функционирования организма человека.

Для оценки микроэлементного статуса необходимо рассматривать весь комплекс микроэлементов, при этом каждый из них выполняет определенную роль в обеспечении правильного функционирования организма. Нехватка хотя бы одного компонента может привести к различным заболеваниям.

При создании модельного обеспечения диагностической системы использованы методы интеллектуального анализа данных: алгоритм для построения дерева принятия решений ID3 и его усовершенствованная версия C4.5 и метод прямого логического вывода, построенных на основании качественных медицинских данных.

Одной из основных проблем задач принятия решений в слабоструктурированных областях, таких, как медицина, эко-биомедицина,

иммунология, является проблема обработки и анализа больших объемов информации. В связи с этим возникает необходимость создания интеллектуальных систем. Программная реализация интеллектуальной системы выполняется с использованием средств «1С: Предприятие 8.2».

Макет интеллектуальной системы предварительной диагностики представлен на рисунке 1.

Входными параметрами в систему являются следующие.

Персональные данные пациента – данные медицинской карты пациента.

Район проживания – это микрорайон в городе (мегаполисе), где проживает человек. В рамках настоящей работы рассматривается город мегаполис N и особое значение район проживания, так как на территории города находятся заводы [15]. По своему промышленному потенциалу город мегаполис N считается крупнейшим центром в своем регионе. Около 20% машиностроительной техники для этого огромного региона выпускаются на предприятиях города мегаполиса N и области, среди них – металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки. Наряду с тяжелой промышленностью бурными темпами развиваются электроэнергетическая и цветная металлургия. На уникальных предприятиях города мегаполиса N и области производится выплавка олова и золота, химических концентратов, редких металлов и ядерного топлива. Эти виды продукции пользуются повышенным спросом не только в стране и за рубежом. На территории города расположены следующие заводы: авиационный, металлоконструкций, пластмасс, строительных материалов, инструментальные, кабельный,



Рисунок 1 – Макет интеллектуальной системы предварительной диагностики

кирпичный, литейный приборостроительный, химические, электромеханические, ювелирные и другие.

Следующим входным параметром является возрастная группа, определяющая возраст человека. Целесообразно рассматривать именно в возрастных рамках, поскольку отличается содержание микроэлементов у детей и у людей старшего возраста в силу возрастных изменений организма человека. Возраст представлен группами: до 3 лет, от 3–х до 16 лет, от 17 до 49 лет и свыше 50 лет.

Тип питания оказывает существенное влияние на содержание микроэлементов. Различают следующие типы питания: грудное, грудь и прикорм, смешанное, вегетарианское, молочно-растительное, мясное, диета, гипоаллергенная диета

В силу физиологических отличий необходимо рассматривать пол пациента, который принимает два значения – мужской или женский.

Интеллектуальная система предварительной диагностики реализует следующие функции: ввод анкетных данных о диагностируемом пациенте, к которым относятся ФИО пациента и другие его персональные данные; извлечение признаков (факторов) с целью выявления уровня содержания микроэлементов и формирование заключения по диагностическим решениям.

Интеллектуальная система содержит: базу данных и знаний, в которой хранятся данные и знания о диагностируемых такие, как фамилия, имя, отчество; год рождения; пол; место проживания, тип питания; математический аппарат механизма логического вывода; систему продукционных правил; результаты экспресс-диагностики обследуемых.

После получения значения информативных параметров (факторов) для объекта, подлежащего диагностике, они сохраняются в базе данных и применяются для формирования заключений по диагностике содержания микроэлементов в организме человека.

Заключение об уровне содержания микроэлементов формируется на основе продукционных систем знаний, представленных в форме множественных правил.

В результате работы блока механизма логического вывода происходит определение частных зависимостей между объектами или событиями.

Найденные зависимости представляются в виде правил и могут быть использованы как для лучшего понимания природы анализируемых данных, так и для предсказания появления событий.

В качестве наиболее адекватной модели построения продукционных правил согласно результатам **ROC-анализа выбрано дерево решений**, построенное по алгоритму C4.5. Оценка эффективности полученных решающих правил на экзаменационной выборке показала достаточно хорошие результаты – с достоверностью 0,8 правильно распознаются объекты класса «повышено», с вероятностью 0,86 – объекты класса «норма» и с вероятностью 0,75 объекты класса «понижено».

В основу продукционной модели закладываются правила, полученные алгоритмом C4.5 для каждого из микроэлементов, представленные в таблице 2.

Для каждого пациента осуществляется обработка нового факта по системе правил с выдачей результата об уровне содержания микроэлементов. При этом для каждого микроэлемента указывается служебная информация – номер правила.

Результаты работы системы предварительной диагностики представлены на рисунке 2.

По микроэлементам, у которых уровень содержания отличается от значения «норма», выдается карта дополнительного обследования. В карте указывается перечень микроэлементов для забора анализа, вид карты представлен на рисунке 3.

Полученные диагностические данные по всем микроэлементам по отдельному пациенту, врач использует для дальнейшего планирования диагностики пациента.

Таким образом, в работе предложена интеллектуализация поддержки принятия диагностических решений по уровню содержания микроэлементов в организме человека на основе интеллектуальной системы предварительной диагностики.

Выявлены внешние и внутренние факторы, влияющие на содержание микроэлементов, в рамках исследования рассматриваются четыре фактора: тип питания, район проживания в мегаполисе, возраст и пол человека.

Разработанное программное средство прогнозирования уровня содержания микроэлементов в организме человека без забора анализов

Таблица 2 – Результаты построения деревьев решений по С4.5

Название	Корень построенного дерева	Узлы поддеревьев	Количество правил	Порог отсечения	Специфичность	Чувствительность
Фосфор	Тип питания	Район–Пол	32	0,41	54,96	57,33
Алюминий	Район	Пол–Группа Группа–Пол	24	0,1163	100	73,68
Бериллий	Группа	Район Район–Пол	43	0,0315	62,5	70,73
Кальций	Тип питания	Район–Группа–Пол	68	0,0376	67,69	70,54
Кадмий	Тип питания	Район–Группа–Пол	35	0,0456	67,61	60,34
Кобальт	Тип питания	Район–Группа–Пол	37	0,0412	77,69	75,48
Хром	Тип питания	Группа–Район–Пол	70	0,3743	55,42	63,7
Медь	Тип питания	Район–Группа–Пол	35	0,0236	52,62	54,48
Железо	Тип питания	Район–Группа–Пол	80	0,0446	75,64	56,48
Калий	Тип питания	Район–Группа–Пол	75	0,0487	67,89	72,98
Литий	Тип питания	Район–Группа–Пол	69	0,0235	76,53	888,93
Магний	Тип питания	Район–Группа–Пол	57	0,0657	78,29	70,48
Марганец	Тип питания	Район–Группа–Пол	121	0,0567	77,49	88,32
Натрий	Тип питания	Район–Группа–Пол	103	0,0456	89,67	98,45
Никель	Район	Тип питания–Группа Группа–Пол	30	0,1142	100	53,62
Свинец	Район	Тип питания–Группа Группа–Пол	24	0,1123	100	83,63
Селен	Группа	Пол–Район	47	0,1395	83,33	72,97
Кремний	Группа	Пол–Район	34	0,1395	83,33	71,97
Олово	Район	Тип питания–Группа Группа–Пол	24	0,1132	100	63,68
Титан	Группа	Пол–Район	16	0,1395	83,33	62,67
Ванадий	Группа	Пол	5	0,0115	85,88	100
Цинк	Район	Тип питания–Группа Группа–Пол	24	0,1163	100	73,68

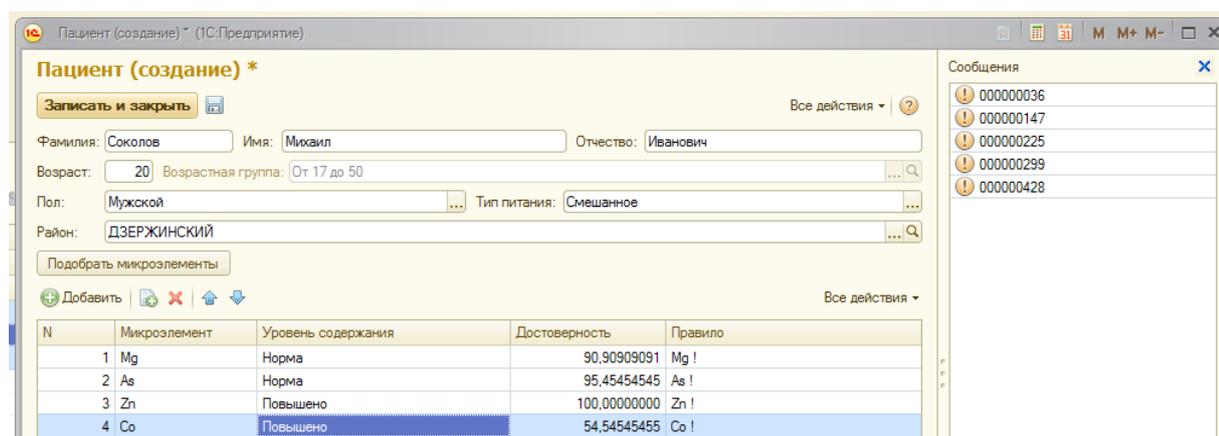


Рисунок 2 – Экранная форма определения уровня содержания микроэлемента

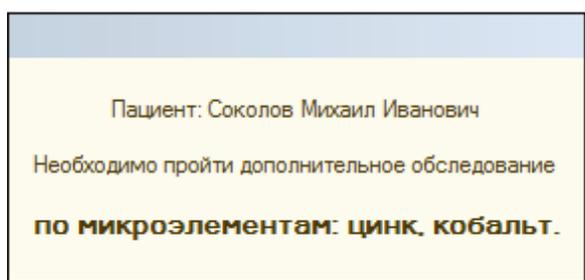


Рисунок 3 – Карта дополнительного обследования

позволяет врачам в момент обращения пациента определить уровень содержания определенных микроэлементов. Это дает возможность выбрать оптимальную схему забора анализов на микроэлементы, исходя из индивидуального портрета пациента.

Предлагается применение интеллектуальной системы предварительной диагностики в целях исследования состояния здоровья населения и, в первую очередь, диагностирование определенных заболеваний с использованием интеллектуального расширения геоинформационных систем.

04.10.2016

Список литературы:

1. Особенности элементного состава волос и различных структур щитовидной железы в эндемичной по дефициту йода области / С.В. Мирошников и др. // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – 2013. – №10. – С. 17–21.
2. Кобринский, Б.А. Консультативные интеллектуальные медицинские системы: классификации, принципы построения, эффективность [Электронный ресурс] / Б.А. Кобринский. – Режим доступа: http://www.pedklin.ru/Publ/publ_text/Новосибирска
3. Содержание химических элементов в волосах взрослых жителей округа Мименсингх, Народная Республика Бангладеш сообщениел: токсичные микроэлементы (As, Be, Cd, Hg, Pb) / О.А. Скальная и др. // Микроэлементы в медицине. – 2015. – №16(3). – С. 45–49.
4. Скальный, А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСПАЭС / А.В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – №1. – С. 55–56.
5. Скальный, А.В. Методы разделения и концентрирования в анализе объектов окружающей среды: научно-методическое пособие / А.В. Скальный, Е.В. Сальникова, Е.А. Кудрявцева. – Оренбург: ИПК «Университет», 2012. – 188 с.
6. Элементный статус населения России. Ч. 3. Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов / Л.И. Афтanas, Е.С. Березкина, Е.Ю. Бонитенко [и др.]; под ред. А.В. Скального, М.Ф. Киселева. – СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2012. – 448 с.
7. Скальный, А.В. Связь элементного статуса населения Центрального федерального округа с заболеваемостью. Ч. 1. Токсичные химические элементы: Al, As, Be, Cd, Hg, Pb, Sn / А.В. Скальный и др. // Микроэлементы в медицине. – 2011. – Т. 12. – №1–2. – С. 23–26.
8. Скальный, А.В. Тяжелые металлы в волосах жителей Новосибирска / А.В. Скальный, М.Г. Скальная, С.В. Ефимов // Вестник ОГУ. – 2011. – №15. – С. 52–54.
9. Нотова, С.В. Особенности элементного статуса у лиц с различным уровнем липидного обмена / С.В. Нотова, С.А. Мирошников, А.А. Барабаш // Технологии живых систем. – 2010. – Т. 7. – №7. – С. 31–34.
10. Литвиненко В.И. Модели обработки неполной и противоречивой информации в диагностических системах: дис. ... канд. техн. наук. – Херсон, 1997. – 207 с.
11. Содержание кальция и магния в волосах детей Северо-Западного федерального округа России / В.Ю. Детков и др. // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2013. – №2. – С. 18–21.
12. Скальная, М.Г. О пределах физиологического (нормального) содержания Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu в волосах человека / М.Г. Скальная, В.А. Демидов, А.В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2003. – №4(2). – С. 5–10.
13. Скальный, А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микро-элементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климато-географических регионов: дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2000. – 361 с.
14. Скальный, А.В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал / А.В. Скальный // Вестник СПб ГМА им. И. И. Мечникова. – М., 2002. – №1–2. – С. 62–65.
15. Нотова, С.В. Необходимость учета региональных особенностей в моделировании процессов межэлементных взаимодействий в организме человека / С.В. Нотова, С.А. Мирошников, И.П. Болодурина, Е.В. Дидикина // Вестник ОГУ. – 2006. – №2 (Биоэлементология). – С. 59–63.

Сведения об авторах:

Болодурина Ирина Павловна, заведующий кафедрой прикладной математики
Оренбургского государственного университета, доктор технических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13

Скальный Анатолий Викторович, директор НИИ Биоэлементологии
Оренбургского государственного университета, доктор медицинских наук, профессор
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: ipbolodurina@yandex.ru

Цыганова Ирина Александровна, доцент кафедры прикладной информатики в экономике и управлении
Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: i.tsyganova@mail.ru