

УДК 556.3:615.327

В. М. ШЕСТОПАЛОВ, академик НАН Украины, академик-секретарь Отделения наук о Земле НАН Украины, заместитель директора, vsh@hydrosafe.kiev.ua, **А. Ю. МОИСЕЕВ**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, ajm11@meta.ua, **Н. П. МОИСЕЕВА**, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник (Институт геологических наук НАН Украины, г. Киев)

ОСОБЛИВОСТІ МІКРОКОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ Й БІОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД ПРИКАРПАТСЬКОГО Й ЗАКАРПАТСЬКОГО РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

ОСОБЕННОСТИ МИКРОКОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА И БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПРИКАРПАТСКОГО И ЗАКАРПАТСКОГО РЕГИОНОВ УКРАИНЫ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

На основе применения для анализа минеральных вод Карпатского региона современных методов исследования (масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой) были уточнены и дополнены данные о составе этих вод. Проведенные исследования позволили идентифицировать минеральные воды ряда скважин, которые на данное время еще не используются, установить минеральные воды новых типов (полиметалльные, литиевые, мышьяковистые, селенистые и т. д.), получить новейшие данные о макро- и микрокомпонентном составе вод известных и эксплуатируемых месторождений.

Установлено, что спектр воздействия питьевых минеральных вод на метаболические процессы в организме может быть гораздо шире, чем указано в медицинских показаниях по применению воды.

Выявлено, что лечебные минеральные воды по уровню воздействия на организм подобны многокомпонентным медицинским препаратам с широким спектром действия. Поэтому как специалистам, так и обычным потребителям необходимо коренным образом пересмотреть свое отношение к минеральным водам. Их употребление должно базироваться на тех же принципах, что и применение медицинских препаратов: строго индивидуально и дозировано, только после медицинского обследования и консультации с врачом соответствующего профиля.

Ключевые слова: минеральные воды, микроэлементы, биологические эффекты.

V. M. Shestopalov, Head of the Department of hydrogeological problems, vsh@hydrosafe.kiev.ua, **A. Ju. Moiseev**, Candidate of biological science, senior scientific worker, ajm11@meta.ua, **N. P. Moiseeva**, Candidate of chemical science, leading scientific worker, ajm11@meta.ua, (Institute of Geological Science of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine) FEATURES MICROCOMPONENT COMPOSITION AND OF BIOLOGICAL ACTION NATURAL MINERAL WATERS CARPATHIAN AND TRANSCARPATHIAN REGIONS OF UKRAINE

Data on composition of mineral waters in the Carpathian region have been modified and supplemented based on application of advanced techniques (mass spectrometry with inductively coupled plasma) for given waters analysis. The results of studies made it possible to identify mineral waters extracted from a number of wells, which currently are not utilized as yet; determine new mineral water types (polymetallic, lithium, arsenic, selenium, etc.); obtain the newest data on macro- and micro component composition of water from the known and operated mineral water fields.

Spectrum of the drinking mineral water impact on the metabolic processes in the human body was found to be much wider than that specified in the medical indications for water use.

Effect of the curative mineral water on the human body was revealed to be similar to that of the multi-component medicine with a broad activity spectrum. Therefore, both experts and ordinary consumers should radically reconsider their attitude to mineral waters. Curative mineral water should be taken similar to the medicine: doses selection is strictly individualized after medical examination and consultation of appropriate physician.

Keywords: mineral water, microcomponents, biological effects.

По разнообразию и запасам минеральных вод Украина занимает одно из первых мест в мире. Наиболее значительные запасы минеральных вод сосредоточены в Прикарпатском и Закарпатском регионах страны. В Прикарпатье, наряду со всемирно известной “Нафтусей”, широко развиты хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные минеральные воды различного катионного состава и минерализации. На Закарпатье расположены основные запасы углекислых гидрокарбонатно-натриевых вод, открыты хлоридно-натриевые и сульфидные воды, разведаны и эксплуа-

тируются месторождения железистых вод и вод других типов. Гидроминеральный потенциал западных регионов является неотъемлемой частью экономики Украины. Однако, на сегодняшний день, использование минеральных лечебных и лечебно-столовых подземных вод Украины составляет менее 7 % от величины их утвержденных запасов.

Одним из факторов, которые препятствуют более широкому применению минеральных вод в лечебной и лечебно-курортной практике, является недостаточная изученность их состава. Это объясняется не только его сложностью и многокомпонентностью, но и несовершенством применяемых методов анализа. Появление современных высокоточ-

ствительных методов позволяет с высокой точностью определять микроконцентрации элементов в образцах и, следовательно, проводить на качественно новом уровне изучение условий формирования, особенностей состава и эффектов биологического действия минеральных вод.

Институт геологических наук провел ряд экспедиционных и лабораторных исследований минеральных вод Прикарпатского и Закарпатского регионов Украины, целью которых было изучение особенностей микрокомпонентного состава природных минеральных вод, с использованием новых прецизионных методов и методик. Обследовано более 100 водопунктов в Черновицкой, Львовской, Ивано-Франковской и Закарпатской областях. Отбор проб природных минеральных вод проводился согласно ДСТУ ISO [1, 2], содержание микроэлементов в отобранных образцах определяли на базе Центра коллективного использования приборов сотрудники НАН Украины Института геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины с помощью масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Thermo Finnigan Element-2. Параллельно совместно с Институтом экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р. Е. Кавецкого НАН Украины проведено изучение особенностей биологического действия природных минеральных вод с повышенным содержанием биологически активных микрокомпонентов. Результаты исследований представлены в данной статье.

Особенности микрокомпонентного состава природных минеральных вод Прикарпатского и Закарпатского регионов Украины

Проведенные исследования позволили идентифицировать минеральные воды ряда скважин, которые на данное время еще не используются, установить минеральные воды новых типов, получить новейшие данные о макро- и микрокомпонентном составе вод известных и эксплуатируемых месторождений.

На основе полученных результатов выделена группа питьевых минеральных вод с повышенным содержанием микроэлементов-металлов переходного ряда, которые можно отнести к классу полиметалльных минеральных вод (рис. 1).

Это воды скв. 3-Р Голубинского месторождения (0,1 мг/дм³ Mn, 0,14 Zn), скв. 3 Полянского месторождения (0,1 Zn, 0,13 Ni), скв. 8 Ужгородского месторождения (0,11 Mn, 0,273 Ni, 0,8 Zn), ист. 226 Келечинского месторождения (0,1 Cr, 1,07 Mn,

0,48 Zn), скв. 4-Р (1,73 Mn, 0,125 Co, 0,25 Ni, 0,25 Zn) и ист. “Сойми” (0,87 Mn, 0,125 Co, 0,25 Ni) Сойминского месторождения, скв. 4 Шаянского месторождения (0,35 Mn, 0,15 Zn), а также минеральная вода скв. 1 санатория “Шкло” (2,58 Cu, 0,11 Zn).

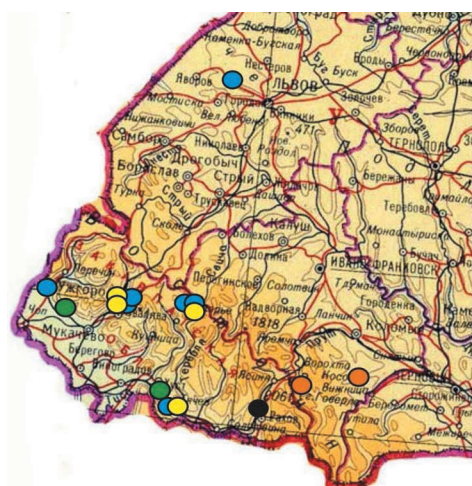
В большинстве минеральных вод Закарпатской области зафиксированы повышенные концентрации лития – от 5 до 18 мг/дм³. Согласно “Классификации минеральных вод Украины”, содержание лития в кондиционных минеральных водах составляет 5 мг/дм³ и более [3]. По этому критерию к литиевым можно отнести минеральные воды скв. 3 Полянского месторождения (13,5 мг/дм³ Li), скв. 10 К (15,0), 13-Р (16,0) Новополянского месторождения; скв. 4-Е (16,0), 7-ГП (10,0), 9 (10,0) Голубинского месторождения, воду скв. 4 (12,5) Шаянского месторождения и скв. 4-Р (13,5) Сойминского месторождения (рис. 1). В Закарпатской области также определена группа минеральных вод с повышенным содержанием калия от 50 до 100 мг/дм³. Эти воды относятся к Полянскому, Новополянскому, Голубинскому и Шаянскому месторождениям.

В минеральных водах Раховского месторождения зафиксировано повышенное содержание мышьяка (рис. 1). В воде скв. 353 установлена концентрация мышьяка 1,33 мг/дм³, скв. 36 – более 10 мг/дм³. Эти воды относятся к классу мышьяковистых минеральных вод.

Наиболее значительным спектром микроэлементов отличаются высокоминерализованные глубинные термальные воды скв. 32-Д, с. Нижнее Солотвино, и скв. 14-Т, в с. Велятино (рис. 1). В их составе зафиксированы в концентрациях выше 1 мг/дм³ – Mn, Cu, Zn. Кроме того, скв. 14-Т характеризуется повышенным содержанием Co (1,27 мг/дм³) и Ni (1,25).

Селен обнаружен в Прикарпатских водах глубинного происхождения: скв. 7-А (пгт Верховина) и скв. 1 (г. Косов), содержание селена в которых составляет 12,5 и 20 мкг/дм³ соответственно (рис. 1). Идентификация данных вод как селенистых значительно увеличивает их бальнеологическую ценность и расширяет диапазон применения. Повышенное содержание селена (4–7 мкг/дм³) также определено в минеральных водах скв. 1-Л и скв. 729 Рогатинского месторождения.

В ряде вновь открытых и давно известных вод установлено повышенное содержание органических веществ (рис. 2). Это углекислые минеральные воды скв. 9 (С_{орг} 16,8 мг/дм³) и 1-Ш (19,5) Голубинского месторождения, скв. 8 (21,3) Ужго-



- Полиметалльные минеральные воды (с повышенным содержанием металлов переходного ряда: Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn)
- Литиевые минеральные воды (Li > 10 мг/дм³)
- Мышьяковистые минеральные воды (As > 0,7 мг/дм³)
- Селенистые минеральные воды (Se > 10 мкг/дм³)
- Высокоминерализованные глубинные термальные воды

Рис. 1. Минеральные воды Прикарпатского и Закарпатского регионов Украины с повышенным содержанием биологически активных микрокомпонентов



Рис. 2. Мінеральні води Прикарпатського та Закарпатського регіонів України, в яких за результатами лабораторних досліджень ІГН НАНУ встановлено підвищене вміщення органічних речовин

родського местородження, скв. 4-Р (15,6) Соймінського местородження, скв. 2 (21,0), 4 (16,2), 242 (24,6) Шаянського местородження, скв. 1-Н (12,0) местородження "Нарцис", скв. 11-Я (9,8), розташованій поблизу с. Кременець.

Слід зазначити, що бальнеологічні показання Шаянських вод збігаються з показаннями мінеральних вод типу "Нафтуса". Однак, для визначення бальнеологічної цінності органічних компонентів даних вод, в першу чергу необхідно провести їх ідентифікацію за допомогою сучасної аналітичної апаратури.

Развідані води, в склад яких входить ряд мікрокомпонентів різного бальнеологічного дії в концентраціях, перевищують бальнеологічно активні: це джерело Лужки (с. Виженка) та іст. Березовське (с. Текучеє). Вони містять двовалентне залізо (16,8 і 36,0 мг/дм³ відповідно), а також в концентраціях вище 0,1 мг/дм³ марганець, цинк, нікель. Другою особливістю даних вод є їх багатість органічними речовинами (ист. Лужки – 18,6, ист. Березовське – 28,6 мг/дм³ C_{орг}), які вивільнюються з менилітових сланців, що дає підставу розглядати ці води як "нафтусеподібні". Крім цього типу вод слід віднести і ист. 15 Сходницького местородження, в якому виявлено 17,5 мг/дм³ двовалентного заліза і 13 мг/дм³ органічного вуглецю. Однак, необхідно провести ідентифікацію органічної складової даних вод.

В складі всіх досліджуваних мінеральних вод присутні в підвищених концентраціях кремній. Згідно "Класифікації мінеральних вод України", до кремнієвих мінеральних вод відносять скв. 8 (SiO₂ 95,1 мг/дм³) і 29 (84,6) Ужгородського местородження, скв. 242 (87,4) Шаянського местородження і скв. 1-Н (58,1) местородження "Нарцис". Жалезиста вода ист. 13 і "Нафтуса" ист. 10 Сходницького местородження також характеризуються підвищеним вміщенням кремнію (H₂SiO₃ > 30 мг/дм³), що може сприяти комплексності їх бальнеологічного дії. Однак, для підтвердження цього припущення необхідно проведення медико-біологічних досліджень.

Проведені дослідження показали: використання сучасних високоточних методів дозволяє навіть в складі мінеральних вод добре вивчених і давно експлуатованих местороджень виявити нові компоненти, які в залежності від різних факторів можуть мати позитивне або негативне вплив на здоров'я людини.

Біологічні аспекти практичного застосування природних лікувальних мінеральних вод

Враховуючи складний, багатокомпонентний склад природних мінеральних вод, недоцільно відносити їх до дієтичних напоїв, вживання яких в будь-якому випадку не може завдати шкоди. До цього часу багато біологічних ефектів мінеральних вод залишилися без уваги дослідників.

В результаті проведених нами, спільно з колегами ІЕПОР НАН України, комплексних досліджень встановлено, що спектр впливу питвельних мінеральних вод на метаболічні процеси в організмі може бути значно ширше, ніж вказано в медичних показаннях по використанню вод.

При вивченні впливу мінеральної води з підвищеним вміщенням заліза на інтенсивність свободнорадикальних процесів в крові в умовах дії іонізуючої радіації встановлено, що надмірне надходження двовалентного заліза в організм є причиною розвитку окислювального стресу [4]. Курсове вживання необлученими тваринами залезистого мінеральної води з скв. 29 Дравецького местородження (Fe²⁺ – 14,7 мг/дм³) привело до підвищення інтенсивності свободнорадикальних процесів в їх крові, аналогічному з групою тварин, облучених в дозі 5,0 Гр (рис. 3).

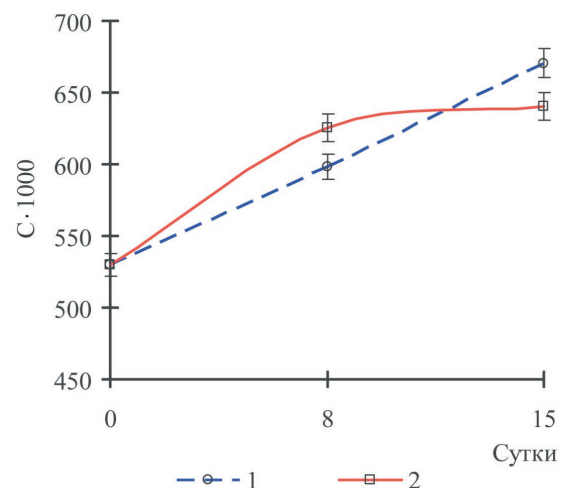


Рис. 3. Сумма світлої гемілюмінесценції (С, імпл. за 300 с) гемолізату крові мишей експериментальних груп: 1 – необлучені тварини, які вживали залезисту мінеральну воду; 2 – облучені тварини (5,0 Гр) на звичайній водній дієті

Вместе с тем, положительное действие минеральной воды на процессы восстановления невозможно было объяснить, исходя только из наличия в ее составе биологически активного двухвалентного железа. У облученных животных, получавших минеральную воду, отмечались восстановительные эффекты, которые могут быть связаны с высоким содержанием кремния в исследуемой воде – до 30 мг/дм³. Животные были более активными, не наблюдалось геморрагических явлений, значительно меньше была потеря массы тела, в группе зафиксирована высокая выживаемость – 89 %, в отличие от 56 % для облученных животных, которые содержались на обычном водном рационе.

Показательны данные, полученные при исследовании влияния лечебной минеральной воды с повышенным содержанием органических веществ “Збручанская Нафтуса” на минеральный метаболизм (отметим, что данная вода обладает выраженным диуретическим действием). Установлено, что помимо биологических эффектов, традиционных для вод данного типа, курсовое применение “Збручанской Нафтуси” способствует уменьшению содержания меди и цинка в периферической крови и вместе с тем является дополнительным источником поступления магния [5]. Через две недели по окончании курса “Нафтуси” концентрация Cu в сыворотке крови крыс составляла 57 % от показателя контрольной группы, Zn–87, Mg–118. Вероятно, что органические вещества, содержащиеся в “Нафтусе”, образуют прочные соединения с ионами металлов переходного ряда в воде (в данном случае, с медью), которые затем экскретируются из организма. Ионы цинка менее склонны к комплексообразованию, а магний накапливается вследствие сорбции из воды. Это свидетельствует о необходимости проведения мероприятий для восполнения содержания меди и цинка в организме при курсовом лечении минеральными водами типа “Нафтуса”. Также необходимо учитывать биологические эффекты магния, поступающего с водой (содержание Mg⁺ в исследуемой воде составляло 31,9 мг/дм³).

Приведенные примеры показывают, что лечебные минеральные воды по уровню воздействия на организм подобны многокомпонентным медицинским препаратам с широким спектром действия. Поэтому как специалистам, так и обычным потребителям необходимо коренным образом пересмотреть свое отношение к минеральным водам. Их употребление должно базироваться на тех же принципах, что и применение медицинских препаратов: строго индивидуально и дозировано, только после медицинского обследования и консультации с врачом соответствующего профиля.

Особенно это касается общедоступных фасованных минеральных вод. На этикетках бутылок с лечебной минеральной водой следует указывать не только врачебные рекомендации и противопоказания, но и механизм биологического действия воды. Учитывая, что некоторые макро- и микрокомпоненты в составе минеральных вод, не меняясь количественно, могут испытывать качественные изменения валентности, химической структуры, включаться в химические соединения – срок годности бутылкированной воды должен определяться не временем, в течение которого ее химический состав остается неизменным, а временем, в течение которого не изменяется ее воздействие на физиологические процессы в организме.

Необходимо учитывать, что некоторые нарушения метаболизма не имеют конкретных дальних проявлений, однако могут служить базисом для дальнейшего развития патологий. Поэтому в перспективе необходимо провести комплексные медико-биологические исследования широкой группы так на-

зываемых лечебно-столовых минеральных вод, чтобы получить ответ на вопрос – действительно ли эти воды можно безвредно употреблять в течение непродолжительного времени в качестве столовых, как декларируется в их названии.

Подводя итоги, отметим, что вопросы формирования, состава и практического применения минеральных вод Украины требуют комплексного, всестороннего рассмотрения. Даже в составе вод хорошо изученных месторождений могут быть обнаружены новые компоненты, биологические эффекты которых нуждаются в подробном исследовании.

Выводы

1. В связи с отсутствием ранее высокоэффективных методов анализа, состав минеральных вод многих месторождений до настоящего времени окончательно не установлен. Использование современных высокоточных методов позволяет обнаружить в составе минеральных вод даже хорошо изученных и давно эксплуатируемых месторождений новые, биологически активные компоненты.

2. Природные лечебные минеральные воды по уровню воздействия на метаболические процессы подобны многокомпонентным медицинским препаратам с широким спектром действия. Их употребление должно базироваться на тех же принципах, что и применение медицинских препаратов – строго индивидуально и дозировано, после медицинского обследования и консультации с врачом.

3. Необходимо спланировать и выполнить комплекс исследований, направленных на изучение особенностей состава и молекулярных механизмов действия минеральных вод с помощью новейших методов исследования, которые станут научным базисом для расширения сферы и объемов использования природных минеральных вод Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 5667-11:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 11. Настанови щодо відбирання проб підземних вод (ISO 5667-11:1993, IDT).
2. ДСТУ ISO 5667-14:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 14. Настанови щодо забезпечення якості відбирання та оброблення проб природних вод (ISO 5667-14:1998, IDT).
3. Классификация минеральных вод Украины/Под ред. В. М. Шестопалова. – Киев: Макком, 2003. – 121 с.
4. Moiseev A. Yu., Druzhina M. O., Moiseeva N. P., Shestopalov V. M. Біологічні аспекти застосування природних мінеральних вод. – Київ: Кім, 2010 – 123 с.
5. Shestopalov V. M., Moiseev A. Yu., Rodionova N. K., Druzhina N. A., Moiseeva N. P. The impact of medicinal mineral waters, type Naftusya, on the composition of blood serum of radiated animals//Journal of water chemistry and technology. – 2010. – Vol. 32. – N. 2. – P. 121–126.

REFERENCES

1. ISO 5667-11:2005. Water quality. Taking of samples. Part 11. Guidelines for taking of samples of ground waters (ISO 5667-11:1993, IDT). (In Ukrainian).
2. ISO 5667-14:2005. Water quality. Taking of samples. Part 14. Guidelines for ensure quality of taking and processing of natural waters samples (ISO 5667-14:1998, IDT). (In Ukrainian).
3. Classification of mineral water of Ukraine/Under edition by V. M. Shestopalov. – Kiev: Makkom, 2003. – 121 p. (In Russian).
4. Moiseiev A. Yu., Druzhyna M. O., Moiseieva N. P., Shestopalov V. M. The biological aspects of natural mineral waters. – Kyiv: Kim, 2010. – 123 p. (In Ukrainian).
5. Shestopalov V. M., Moiseev A. Yu., Rodionova N. K., Druzhina N. A., Moiseeva N. P. The impact of medicinal mineral waters, type Naftusya, on the composition of blood serum of radiated animals//Journal of water chemistry and technology. – 2010. – Vol. 32. – N. 2. – P. 121–126.

Р у к о п і с о т р и м а н о 10.07.2015.